PRIMEIRO CURSO DE ASTROFOTOGRAFIA DIGITAL (APAA)

PEDRO RÉ, ANTÓNIO PERES GOMES, PAULO CASQUINHA
http://astrosurf.com/re/ccd_imaging_course_fronteira_2007.html
http://www.apaa.online.pt/actividades.htm

O primeiro curso sobre Astrofotografia Digital decorreu em Fronteira (Observatório da Ribeira Grande) durante os três primeiros fins de semana de Junho (9/10, 16/17, 23/24 Junho 2007). A organização do curso foi da responsabilidade da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores – APAA e contou com a colaboração da Câmara Municipal de Fronteira. Este curso teve cerca de 25 participantes e foi ministrado por três sócios da APAA (Pedro Ré, António Peres Gomes e Paulo Casquinha).

O programa do curso permitiu abordar praticamente todas as vertentes da Astrofotografia digital:

1- Obtenção de imagens
   - Câmaras CCD (aspectos básicos)
   - Aspectos práticos relacionados com a obtenção de imagens CCD
   - Hardware
   - Focagem de câmaras CCD
   - Sessões de obtenção de imagens CCD
   - Guiagem e auto-guiagem de imagens CCD

2- Processamento de imagem
   - Calibração de imagens CCD
   - Aspectos básicos do processamento de imagens CCD
   - Software

3- Sessões de obtenção de imgens CCD
   - Astrofotografia digital do Sol
   - Astrofotografia digital da Lua
   - Astrofotografia digital de planetas
   - Astrofotografia digital de objectos do céu profundo (Galáxias, Nebulosas e Enxames estelares)
   - Astrofotografia digital de Exoplanetas, Cometas e Supernovas

Projectos
- Modelos Tpoint (Paramount ME Software Bisque)
- Exoplanetas
- Fotometria de asteróides
- Processamento (calibração e pós-processamento) de imagens CCD (Céu profundo e sistema solar)
- Técnicas específicas de obtenção de imagens CCED (LRGB, H-alfa, Céu profundo)

O curso foi efectuado nas instalações do observatório da Ribeira Grande (Câmara Municipal de Fronteira). O referido observatório será inaugurado em Setembro de 2007 e é sem dúvida o mais bem apetrechado do país no que diz respeito à instrumentação instalada. Está situado próximo da vila de Fronteira, junto à praia fluvial (Figura 1), num local adequado à realização de observações astronómicas e à obtenção de imagens astronómicas (Figura 2) (Poluição Luminosa muito baixa).

O observatório é particularmente adequado para a realização deste tipo de cursos. Possui uma cúpula com cerca de 4,5 m (Figura 3) de diâmetro e no seu interior uma montagem Paramount ME da Software Bisque (Figura 4). Além da cúpula existem salas de formação, reuniões e exposições, uma biblioteca multimédia, um centro de comando da Paramount ME e alojamento (quarto, cozinha e casa de banho) para astrónomos visitantes (Figura 5).

A montagem Paramount ME existente no osberavtório possui algumas características muito avançadas, nomeadamente:

Painel de controle electrónico integrado

- Painel "multi-port" que permite a ligação de um grande número de equipamentos
- Porta série e USB (comunicação)
- Alimentação de câmaras CCD
- Duas portas série auxiliares
- Porta paralela
- Porta para a ligação de um focador electrónico

- Porta para a ligação de um sistema de auto-guiagem
- Duas portas adicionais (alimentação de equipamento diverso)
- Possibilidade de ligação de cabos adicionais através (interior) da montagem
- Acesso facilitado ao painel de fusíveis e interruptores electrónicos. Actualização da software possível (*Flash RAM updates*)

Alinhamento ao pólo

- A montagem assenta num sistema inovador de ajuste em azimute. A montagem pode ser ajustada em azimute sem alterar os ajustes em altura (Microlevelers)
- Parafuso de ajuste em altura inovador. Permite efectuar ajustes finos de um modo muito eficiente

Contrapesos

- Design ergonómico, arestas arredondadas sem qualquer saliência.
- Construção em aço inox e alumínio
- Segurança total no ajuste dos contrapesos (três pontos de contacto com o eixo de declinação, Tri-grip™)

Rodas dentadas

- Rodas dentadas *Byers Research-grade* 11.45" (290 mm) - eixo de Ascensão Recta e 7.45" (190 mm) - eixo de declinação
- Erro periódico não superior a 5" (pico a pico). Usualmente menos (2 a 3")
- Carga total máxima 136 Kg, carga máxima de instrumentos 68 Kg

Esta montagem equatorial é sem dúvida a mais evoluída do mercado. Trata-se de sistema robótico por excelência que pode ser operado de um modo totalmente remoto. A qualidade da construção é inexcedível e a precisão de guiagem não tem paralelo. É portanto a montagem indicada para quem pretenda obter os melhores resultados em sessões de observação e de obtenção de imagens CCD. Permite a instalação de diverso material optico com uma carga máxima de 68 Kg (Figura 4).

Figura 1- Localização do Observatório de Fronteira. Google Earth.

Figura 2- Observatório de Fronteira (imagens panorâmicas). Pedro Ré (2007).

Figura 3- Observatório de Fronteira (aspecto geral e cúpula). Pedro Ré (2007).

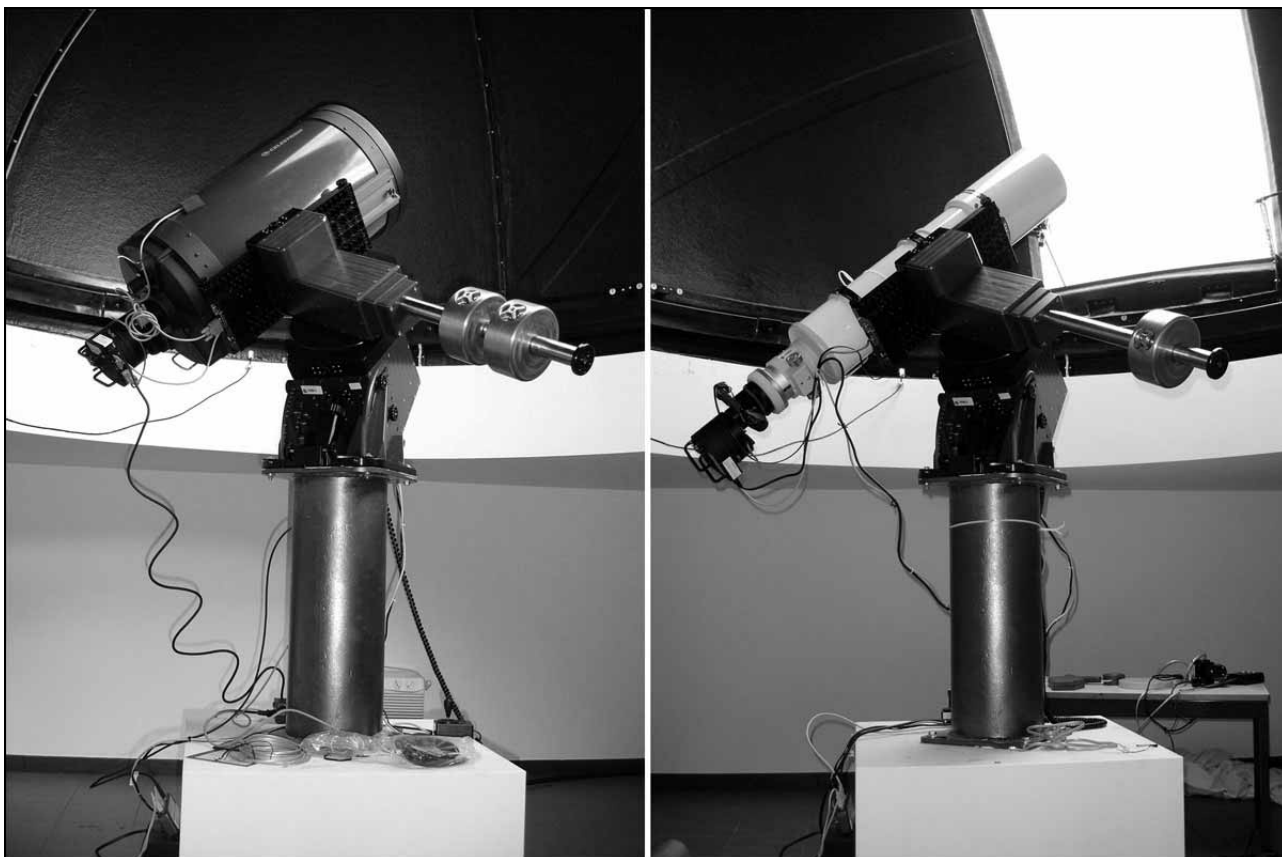



Figura 4- Montagem Paramount ME, Celestron C14, Takahashi TOA150 F/7.33, SBIG ST-10XME. Pedro Ré (2007).

Figura 5- Planta do observatório da Ribeira Grande (Câmara Munipal de Fronteira).

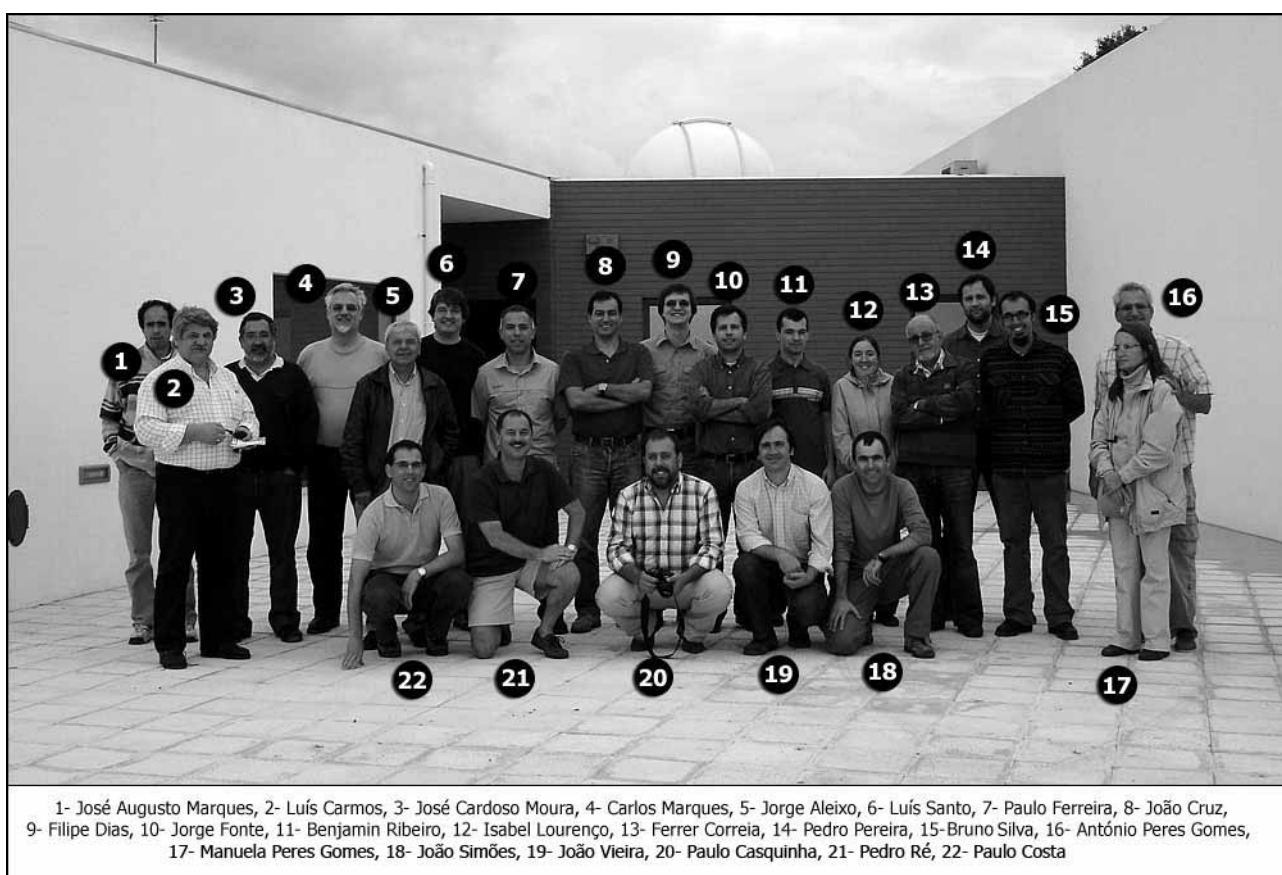



Figura 6- Participantes no 1º curso de de Astrofotografia Digital (APAA). Pedro Ré (2007).

Na primeira sessão do curso abordaram-se aspectos básicos das câmaras CCD bem como alguns aspectos relacionados com a obtenção imagens CCD. Na segunda e terceira sessões foi possível abordar aspectos mais especializados relativos ao processamento de imagens CCD e à obtenção de imagens ("Hand-on"). As primeiras imagens CCD ("first light") foram obtidas com um refractor apocromático Takahashi TOA150 F/7.33 e com uma câmara CCD SBIG ST-10XME (Figura 7, 8). Este "setup" permite a realização de imagens de alta qualidade do céu profundo e também de objectos do sistema solar (Figura 9). Infelizmente as condições atmosféricas só permitiram a realização de sessões para obtenção de imagens CCD no primeiro fim de semana (parcialmente) e na última sessão. Todos os participantes no curso receberam um DVD que incluia as apresentações Powerpoint e muitas imagens CCD que foram utilizadas nas diferentes sessões práticas de processamento de imagem (Figura 10). Este primeiro curso organizado pela APAA foi um verdadeiro sucesso. O entusiasmo e a camaradagem estiveram sempre presentes. No útimo dia alguns resistentes fizeram uma autêntica maratona e conseguiram obter a partir do observatório de Fronteira as primeiras imagens CCD de objectos do céu profundo que ficam para a história (Figura 11).

A APAA assinou recentemente um protocolo de cooperação com a Câmara Municipal de Fronteira relativo à utilização das instalações do observatório. Os sócios da APAA tem deste modo a possibilidade, mediante inscrição prévia, de realizar sessões de observação e de obtenção de imagens CCD nestas instalações de sonho. Os céus escuros do alentejo esperam por nós.

Figura 7- M13, TOA150 F/7.33, Paramount ME, SBIG ST-10XME. "First Light" (esquerda), 30 s, 12 min (12x1 min) SDmask, DDP (direita).

Figura 8- M27, TOA150 F/7.33, Paramount ME, SBIG ST-10XME, 35 min (7x5 min), SDMask, DDP.

Figura 9- Astrofotografia solar, TOA150 F/7.33, Lumenera Skynyx, prisma de Herschel SolarVue. Pedro Ré (2007).

Figura 10- Sessões teóricas e práticas do curso de astrofotografia digital. Carlos Marques (2007).

Figura 11- Primeiras imagens CCD obtidas com o “setup” do observatório de Fronteira numa das sessões práticas do curso de astrofotografia digital. Bruno Silva, Filipe Dias, Carlos Marques, Luís Carmo, Jorge Aleixo, Paulo Ferreira (2007).

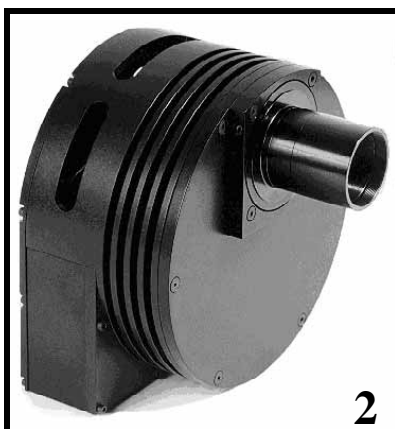
Figura 12- A fantástica gastronomia alentejana. Jantar no restaurante local (com o observatório em pano de fundo). Pedro Ré (2007)

CÂMARAS ATIK 16 E 16HR
TESTES E PROCESSOS DE GUIAGEM

JOÃO VIEIRA
carvalhovieira@bragatel.pt

No mercado mundial, podemos encontrar uma enorme variedade de marcas e modelos de câmaras CCD[1] vocacionadas especificamente para o registo de imagem astronómica. Este tipo de instrumentos, que hoje é usado por muitos amadores em todo mundo, permite registar "objectos do céu profundo" mesmo do nosso quintal facto que, até há poucos anos, estava apenas ao alcance dos grandes observatórios.

Qualquer iniciante em astronomia vê hoje a astrofotografia como um objectivo a alcançar e, por essa razão, o crescimento desta área é cada vez maior no nosso país. Não é sequer difícil de encontrar, nos diversos sites de astronomia em Portugal, tentativas muito interessantes de registo de imagens planetárias ou do céu profundo. É também já vulgar encontrar registos de assaz qualidade e que competem com as melhores imagens à escala global nesta área.

Provavelmente, foi esta uma das razões pelas quais, desde 2001 me fui aprofundando no conhecimento desta área, tendo mesmo, no ano de 2002, adquirido a minha primeira câmara CCD, com a qual tenho realizado diversas experiências e registos de objectos do céu profundo.

Cameras CCD para a astrofotografia, de algumas marcas do mercado. **(1)** Apogee, **(2)** Santa Barbara Instruments**, (3)** Finger Lakes Instruments, **(4)** Starlight Express e **(5)** ATIK

Recentemente, tive oportunidade de adquirir novos equipamentos. De imediato verifiquei que nestes últimos dois anos, a variedade de novos chips assim como as inovações técnicas dos modelos existentes iriam dificultar a minha escolha.

Devido a esse facto, a minha primeira missão foi a de definir os parâmetros de opção dentro dos objectivos que propunha dar ao equipamento. Defini como primordial ponderar quatro factores:

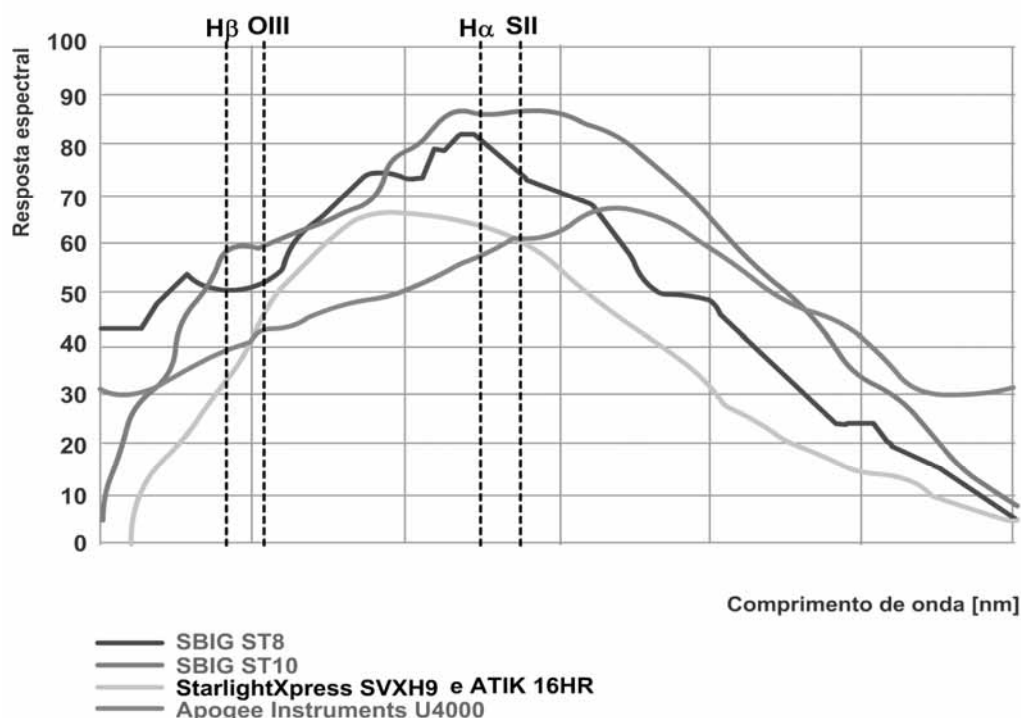
---

[1] "Charge-Coupled Device" ou em português "dispositivo acoplado de carga" e que se destina à captura de imagens em formato digital por processos electrónicos.

- a sensibilidade na região "vermelha do espectro" (que me permitirá realizar imagem "narrowband"[2]);
- a existência de sistema "antiblooming"[3] (no meu ponto de vista a solução mais versátil);
- a relação qualidade/preço (pelas obvias limitações de orçamento);
- e por último a versatilidade/ funcionalidade do modelo.

Depois de alguma investigação sobre o assunto, verifiquei que as escolhas se reduziam, na minha perspectiva, a não mais do que 5 ou 6 modelos de marcas distintas. Nesses a principal diferença situava-se na sensibilidade dos chips, no número de "pixel" do sensor e, muito especialmente, no preço do equipamento. Como a minha principal limitação era, sem dúvida o orçamento, comecei por apreciar este factor dentro dos modelos que se podiam encaixar nas minhas preferências.

A lista e o gráfico abaixo apresentam a comparação, por mim realizada, entre algumas câmaras no mercado que julgo estarem dentro dos parâmetros pré-definidos. As câmaras analisadas foram as seguintes:

- **ATIK16HR** (1392 X 1040 pixels / 6.45 microns) cujo preço de mercado é de 1785 Euros;
- **Starlight SVXH9** (1392 X 1040 pixels / 6.45 microns) cujo preço de mercado é de 3500 Euros;
- **SBIG ST8XME** (1530 X 1020 pixels at 9 microns) cujo preço de mercado é de 5300 Euros;
- **SBIG ST10XME** (2184 X 1472 pixels / 6.8 microns) cujo preço de mercado é de 7820 Euros;
- **Apogee U4000** (2048 X 2048 pixels / 7.4 microns) cujo preço de mercado é de 7300 Euros;

Imediatamente se verifica que, dentro do mesmo padrão, as três primeiras câmaras têm enormes diferenças no preço. No caso da câmara ATIK16HR e se comparada com a SBIG ST8, a diferença chega a ser do triplo do valor.

Mesmo sabendo que existem diferenças ao nível construtivo e de sensibilidade (inclusão de CCD de guiagem incorporado, saídas USB2 e blooming nas SBIG) a ATIK revela logo aqui imediatas vantagens em relação à concorrência.

Particularmente o que mais impressiona mais é a sensibilidade do chip, comparado com os concorrentes directos nas regiões do espectro que vão dos 450nm[4] aos 700nm. É aqui que, no meu ponto de vista os sensores CCD, que incorporam as ATIKs, revelam a sua principal superioridade em relação aos adversários de escolha. Sendo uma câmara com menos 30% de sensibilidade que as SBIG devido ao anti-blooming (apesar de tudo uma vantagem "todo o

---

[2] Filtro "narrowband" ou em português "filtro de linha" ou "filtro de banda". Destina-se à captura de pequenas regiões do espectro electromagnético ignorando os restantes comprimentos de onda. Estas regiões estão relacionadas com emissões específicas de alguns objectos astronómicos.

[3] Sistema electrónico que impede que uma unidade (pixel) do sensor CCD, ao atingir o seu limite de armazenamento de carga, possa induzir cargas às unidades contíguas. O efeito é idêntico a um "transbordar". Este sistema retira cerca de 30% da sensibilidade ao sensor.

[4] Um nanómetro vale $1,0\times10^{-9}$ metros – ou um milionésimo de milímetro. Tem como símbolo nm.

terreno" no meu ponto de vista) revela ainda assim uma boa sensibilidade, que permite a obtenção de imagens com filtros "narrowband" com tempos de exposição inferiores a câmaras de valor muito superior. É importante referir que tem precisamente o mesmo chip da SVX-H9 mas custa metade do seu preço!

Tornou-se, por isso, obvio que com um preço extremamente competitivo e a com muita qualidade no sensor incorporado nas ATIK16HR, a escolha poderia proporcionar possibilidades muito interessantes, mesmo em Astrofotografia mais avançada. Se a isso se juntar que o fabrico e a assistência são dadas em Portugal a minha escolha teve que incidir obviamente nas câmaras ATIK.

Primeiras impressões

Quando recebi as câmaras (ATIK16 e ATIK16HR), a primeira impressão que tive é que o seu acondicionamento é estupendo. São entregues dentro de uma caixa "Pelicase" de enorme resistência e qualidade, que as protege muito bem de pancadas, poeiras e até de humidades.
No interior da caixa encontramos:

- A câmara com um adaptador de 1.25" ;
- Cabo USB 1.1 de 3 metros;
- Cabo de 1.8 meter para ligação a banana de isqueiro.
- CD-ROM com drivers[5], software e manual de utilização em PDF
- Um guia de iniciação rápida em papel;
- Um CD-Rom com software de captura da Artemis e ainda plugins[6] para o Maxim DL e AstroArt.

Primeiros contactos com a câmara, caixa protectora e respectivos acessórios.

À primeira vista importa dizer que, no meu ponto de vista, são instrumentos construídos com enorme qualidade e rigor, apresentando um aspecto de excelente e bons acabamentos. O próprio design é agradável à vista e ao toque. O exterior é anodizado de cor "avermelhada" o que só por si dá um magnifico aspecto ao equipamento.

A impressão negativa, com que fiquei, prende-se com as informações que acompanhavam as câmaras e que descreve o seu funcionamento. Esta informação é reduzida, sendo natural que, um usuário com pouca experiência em manipulação de instrumentos do género, tenha dificuldade em começar a fazer imagens com ela. Também o peso é um factor negativo a levar em conta. As câmaras pesam mais de 500g cada, o que em telescópios de menor dimensão dificulta a conecção e, por consequência, o equilíbrio da montagem em geral. A principal lacuna é o facto de o chip estar situado numa das extremidades da câmara o que faz com esta por deslize sobre o parafuso ou sobre o sistema de suporte. De qualquer modo, para a maioria dos telescópios de 3" ou mais, não me parece que isto seja um problema muito sério já que, nesses casos, a ATIK pode ser "enroscada" ao mecanismo o que impede que esta rotação aconteça.

Considerações e detalhes técnicos

As câmaras apresentam cinco ligações. Uma porta USB para conectar ao PC, uma porta compatível com ST4 que serve para autoguiagem (infelizmente a informação é pouca sobre o assunto), uma porta para conectar elementos ou adaptadores externos (ainda em desenvolvimento), o conector de energia (onde falta assinalar a voltagem de entrada) e finalmente um adaptador para suporte da câmara ao telescópio. Quanto aos aspectos electrónicos a ATIK16

[5] Software específico para o funcionamento de um sistema electrónico particular.
[6] Software adicional a outro software.

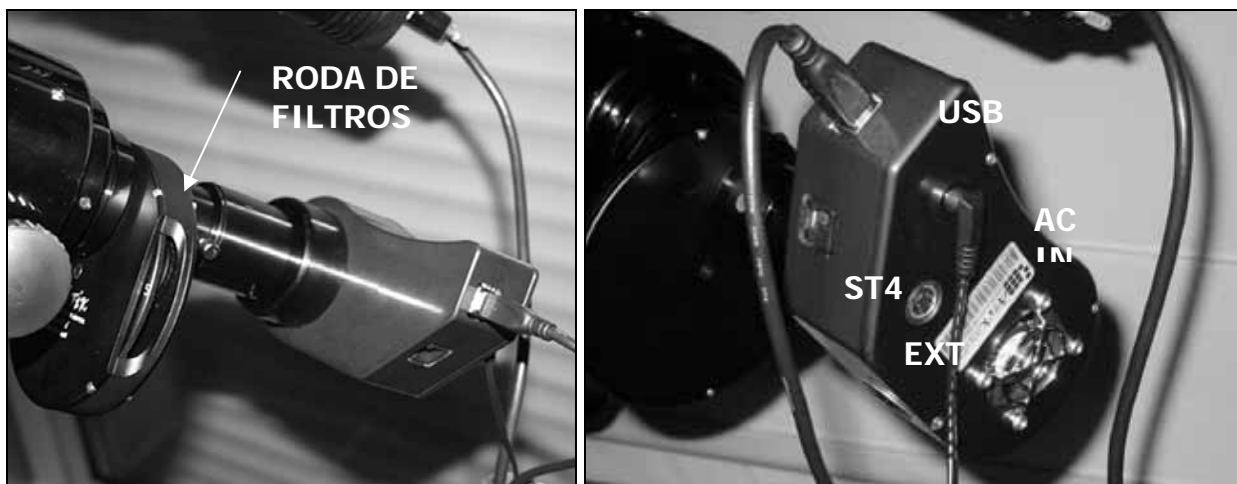
usa um chip Sony ICX-429AKL ExView CCD de 440K pixels, enquanto a 16HR usa um chip 1.4 Mega Pixels Sony ICX-285AL. Ambos os modelos apresentam antiblooming vertical e níveis de ruído eléctrico baixos que, pelos testes que fiz, dispensam a aquisição de Dark Frames em exposições podem ultrapassar os 10 minutos.

Aspecto da câmara ATIK16HR

De origem incluem um conversor analógico digital de 16 bits, o que significa 65500 níveis de cinzentos disponíveis e utiliza também um sistema termo-eléctrico de Peltier mantendo o CCD sempre a 25ºC abaixo da temperatura ambiente.

Os requisitos de energia são mantidos a um mínimo consumo de apenas 800mA, É pena que a corrente para o funcionamento não possa sair directamente da porta USB (dispensando de imediato mais um cabo conector). A única razão, que encontro, para a existência da alimentação externa só se explica pela existência da ventoinha, que pretende auxiliar a refrigeração. No meu ponto de vista tem ainda o inconveniente de poder introduzir vibrações ao sistema. Pude no entanto apurar que a ventoinha (tipo "Magnetic Levitating Fan), não induz qualquer vibração ou artefacto às imagens obtidas pelo que a sua existência até é benéfica.

Primeiros testes com a câmara

Ligar a câmara é tarefa bastante fácil e intuitiva. O meu telescópio (William Optics Zenithstar 110) obrigou a aplicar na câmara um extensor[7] focal para que fosse possível obter foco. Este adaptador é fornecido nas casas da especialidade e é, por norma, dispensável em muitos dos instrumentos refractores.

Ligação da câmara ao telescópio e localização das portas de ligação

Com as primeiras imagens começamos a ter a real percepção das excelentes ferramentas que temos em mãos. Sobretudo a ATIK16HR é uma assaz surpresa, em quase todos os aspectos de funcionamento e qualidade. Apenas apresenta um defeito relevante (destacado já por alguns utilizadores). O tempo de download[8] da porta USB1, na resolução máxima efectiva, chega a ultrapassar os 14 segundos, o que dificulta um pouco algumas tarefas mas que, apesar de tudo, não compromete significativamente o trabalho. Para focagens ou ajustes de guiagem podemos utilizar

[7] Adaptador destinado a aumentar a distância focal de um instrumento óptico.

apenas uma porção de imagem, o que se reflecte de imediato nos tempos necessários para a descarga da imagem no nosso monitor.

Localização da ventoinha e "extensor" para ampliação da distância focal

A primeira imagem que realizei, com a ATIK16HR, foi um "Dark Frame"[9] com 20 minutos de duração. Como a imagem seguinte documenta, já é objectivamente visível ruído significativo, o que torna quase obrigatório a realização de Dark Frames em exposições desta ordem de grandeza. No entanto é importante referir que, para que sejam possíveis imagens deste tempo de exposição, teremos sempre que recorrer a sistemas de guiagem e/ou estar equipados com montagens de alguma qualidade. Estes longos tempos de exposição são essenciais para o uso da câmara na realização de imagem com filtros de banda (H-Alfa, OIII e SII).

No meu caso eu uso uma montagem CG5 da Celestron guiada por uma câmara CCD independente com sistema de guiagem autónomo.

A CG5 apesar de ser uma montagem de apelidada de "baixo custo" (cerca de 1100 Euros) é uma montagem que considero de boa qualidade. A guiagem é executada com uma MX716 da Starlightxpress em conjunto com o Star2000, o que me permite chegar aos 20 minutos de exposição com os erros de guiagem a manter-se sempre inferiores a +/-1,2 Pixels (resultado para mim bastante surpreendente).

Sublinhe-se, no entanto, que as ATIK´s possuem internamente uma porta de guiagem que, segundo o fabricante, pode servir para o controlo da montagem evitando qualquer outro processo ou acessório externo. Como disponho de uma ATIK16, instalada noutro Setup[10], foi para mim indispensável encontrar um processo de utilizar essa câmara para efectuar a guiagem. Infelizmente a informação disponível, sobre a porta de guiagem das câmaras ATIK, é bastante escassa.

Com a ajuda pronta do fabricante, e a experiência de utilizadores mais familiarizados, pude extrair informação complementar que me auxiliou na compreensão do funcionamento e procedimentos. Mais importante do que isso, foi poder constatar que a porta da ATIK (compatível com ST4) pode ser usada como um sistema independente da própria câmara para guiagem, permitindo controlar a minha montagem usando uma simples Webcam ou uma ATIK 1HS, de forma autónoma, com bons resultados.

O passo seguinte foi confeccionar um cabo que permitisse a execução da tarefa de guiagem.

O cabo é efectivamente simples de fazer. É apenas necessário, um cabo de três pares e duas fichas RJ11 ligados em sistema "crossover"[11] como a imagem seguinte mostra.

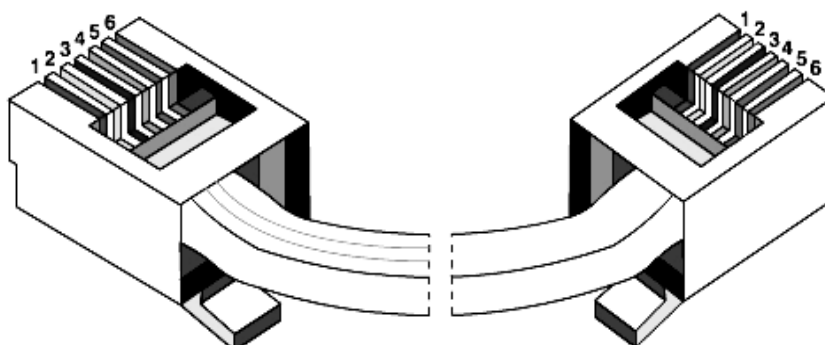
Executado o cabo, temos de o ligar entre o "guide port"[12] da montagem e a porta de guiagem na câmara, ligando de seguida as câmaras ao PC (câmara de guia e câmara de captura) e correndo o software de captura de imagem de seguida. Na definição dos parâmetros, em "control via", devemos indicar como porta de guiagem "main relays". Estamos prontos, a partir desse momento, para testar o nosso sistema de captura de imagem astronómica de longa exposição.

Seguindo os passos correctos de focagem, treino e ajuste dos parâmetros, no software de captura, estaremos prontos para efectuar as primeiras imagens astronómicas de longa exposição com a ATIK ao fim de alguns minutos. Pessoalmente recomendo que se façam os primeiros testes com grupos de estrelas de modo a permitir a familiarização com os processos de guiagem.

Apesar deste tipo de trabalho não ser uma tarefa banal, é possível que, ao fim de uma ou duas sessões de duas a três horas, qualquer utilizador médio possa já efectuar registos interessantes e atingir vários minutos de exposição com guiagens quase perfeitas. Um bom livro para aprender mais sobre esta tarefa é o "*The New CCD Astronomy*" do *Ron Wodaski*. Apresento, de seguida, aqui os meus primeiros registos com a ATIK 16HR.

---

[8] Tempo de descarga ou de transmissão da informação da câmara para o PC
[9] Mapa de ruído térmico também conhecido como corrente negra.
[10] Conjunto formado pelo sistema de captura.
[11] Sistema cruzado ou trançado de montagem
[12] porta de guiagem muitas vezes referida como "ST4 port"

Aspecto da "Dark Frame" com 20 minutos de exposição

Esquema de ligação do cabo "crossover" para guiagem com câmara ATIK

Esquema de ligação do cabo entre a montagem e a câmara ATIK

“First light” na ATIK16HR. Imagem da M42/43 em Orionte.

“First light” na ATIK16HR. Imagem da B33 (cabeça do cavalo) em Orionte.

O OBSERVATÓRIO ROBÓTICO

JOSÉ CANELA
JCANELA@COMSTORE.PT

Como muitos outros, comecei por olhar o céu, aprender algo sobre ele e, depois de algum tempo, quis fotografá-lo mas, em relação à astrofotografia, como tantos, o que mais apreciava das idas para o campo eram as bifanas e as conversas que por vezes nem de astronomia tratavam mas que nos ajudam a preservar a nossa sanidade mental neste mundo de loucos onde olhar o céu é coisa de "chonés".

Como não me parece que a maneira mais correcta de fazer o que quer que seja, seja utilizar sistemas com factores aleatórios e não controláveis (desses já temos de sobra: o tempo, etc...), decidi fazer um observatório onde as condições são tão controláveis quanto possível e os erros associados ao material podem ser minimizados devido a vários factores.

A primeira questão que se me pôs foi o "Porquê?" próprio de outras idades, não deixa de fazer parte deste hobby. Parece-me ainda hoje que esta foi de facto a questão primordial e que se não a tivesse ponderado poderia ter incorrido numa "Obra de Sta. Engrácia" ou num caríssimo "Elefante Côr-de-Rosa" (não... não é o Branco).

Assim, convido os que avidamente consomem este texto e que já "estão com ideias" a delinearem pelo menos esta ideia. Porquê? Qual o motivo pelo qual queremos ter um observatório?

No meu caso particular via uma questão que me parece essencial neste hobby: a falta de tempo para poder usufruir do caríssimo material que compõe um sistema qualquer. Como é sabido, mesmo os sistemas mais baratos facilmente acumulam milhares de euros com alguma facilidade por isso, já que ia investir, tinha de ter algum retorno, nem que fosse ele "apenas" a minha satisfação.

Assim sendo, precisava de um sistema que me permitisse ter acesso a um céu com um mínimo de qualidade e ao mesmo tempo que me permitisse dormir as minhas 6 horas de sono indispensáveis à vida quotidiana. Um observatório remoto era algo engraçado mas, a diferença seria que estaria frente a ele, sem automação de alguns procesos que fazem a diferença entre poder ir dormir descansado e ter de fechar o telhado ou a cúpula às 4 da manhã, ou ter medo que caíssem umas pingas de água ou que a falta de electricidade arruinasse os planos para aquela noite em específico. Daí decidi que a solução, e são sempre soluções que tento buscar, e não propriamente discutir problemas, era um observatório robótico. Algo que tivesse alguma capacidade de tomar algumas decisões por si próprio.

O meu objecivo era relativamente simples na sua concepção e ao mesmo tempo bastante ambicioso pois era mais um projecto de engenharia do que algo a ver com astronomia, pelo menos até certo ponto.

Defini que o queria era fazer uns bonecos agradáveis ao olho, que me agradassem a mim e que pudesse partilhar com outros que apreciam estas coisas. O material que tinha na altura era uma Skywatcher EQ3 motorizada nos dois eixos com um reflector 6" F5 que me serviu para aprender a fazer um drift e perceber um bocadito melhor o céu, como se move, etc... Decidi que necessitava de um minimo de material e fiz uma lista que se baseava em material com algumas provas dadas no mercado e que eu pudesse testar de alguma forma para poder ter a minha própria opinião. Aqui ajudou-me o bom amigo Pedro Mota que me emprestou a Losmandy GM8 dele e que se mostrou um sistema muito interessante com um valor relativamente baixo face ao que pretendia fazer.

Acredito firmemente que um sistema é normalmente a média dos seus componentes e como tal não adiantaria depois de tomar a decisão de comprar uma Losmandy GM8 pensar num RC de 24", (sonhar não custa) porque não me parece que fosse um "casamento" muito próprio.

Mesmo assim, penso que os fabricantes de material se encolhem um bom bocado – preferem jogar pelo seguro, claro, relativamente ao que as montagens e outros equipamento fazem, excepção feita à Meade que se atira para a frente com garra. Bom Marketing.... ☺ Assim, uma GM8 montada todas as noites num local diferente e a andar na mala do carro em estradas, como conhecemos muitas, teria sempre pelo menos ali uns 10% ou 15% a mais para dar se estiver em cima de uma pianha quietinha sem ninguém lhe mexer. Isto é obviamente extrapolado a todos os outros acessórios que, não sendo movidos de um lado para outro não têm tanta tendência para gerar problemas. Em especial, um muito particular, que é irritante e que raramente se resolve: o erro aleatório. Não há nada pior do que termos um erro que não sabemos de onde vem, porque aparece, e nem sabermos se irá aparecer esta noite ou não.

A Decisão

Decidi que iria de facto optar pela Losmandy GM8 pois seria um projecto com uma vida útil de pelo menos 5 anos e o custo da montagem, partido mensalmente ao longo destes 5 anos, não era algo castrador. Podia ter decidido por outra marca e modelo qualquer, e não quero fazer de modo algum publicidade a favor nem contra a montagem em questão. Apenas posso falar da que implementei. Outras soluções existiam com valores até aproximados, mas como disse anteriormente, queria manter a média do sistema e como tal, se subisse a média na base, teria obviamente de a subir durante o restante projecto, o que iria fazer os custos projectados dispararem com alguma facilidade. Como é sobejamente sabido, o valor do equipamento deste hobby é, em regra, exponencial relativamente à qualidade; para os menos versados em matemáticas, sobe de preço a dar com um pau!

A partir daqui geraram-se uma série de questões que se prendiam com a localização do observatório, o restante equipamento a considerar, como construir a infra-estrutura fisica, etc...

Devo dizer a este ponto que nunca fui uma pessoa paciente em nada mas, por um motivo qualquer que desconheço, analiso as coisas relacionadas com a astronomia com muita calma e paciência, uma de cada vez, para tirar conclusões.

Fiz um pequeno "boneco" com o "workflow" e objectivos muito bem definidos no espaço de um ano a partir da recepção da montagem, e prometi a mim mesmo que não iria a saída astronómica alguma até lá, para que não perdesse o balanço a meio e para me obrigar a acabar o observatório no prazo definido.

Dei 2 meses para achar um terreno e fiz a partir daí um cálculo do que demoraria a fazer a infra-estrutura e a montagem de todos os equipamentos o que me deu logo uma ideia concisa de quando necessitava dos equipamentos. Assim, economizei bastante no envio de equipamentos por empacotar 2 ou mais conjuntamente, e o "workflow" estaria sempre dentro do esperado a nível cronológico.

O processo da busca de terreno correu dentro do que tinha inicialmente previsto mas devo advertir que fiz uns quilómetros valentes a buscar na zona onde queria: o Alentejo. Acabei por ficar no Alto Alentejo numa zona de virtualmente inexistente poluição luminosa. Este terreno foi parcelado para redução de custos e como tal acabou por ficar bem "em conta" e dentro do orçamento previsto. Este último voltou a ser refeito ao ter o factor "onde" resolvido pois, como se entende, sai mais caro andarmos 300 quilómetros de carro de cada vez que queremos ir ao observatório, do que se este se situar a 20 quilómetros. Os custos do gasóleo são algo a não descurar quando se fala deste número de quilómetros.

O local da construção

Como o prazo era de um ano (52 semanas) fiz a média a uma ida a cada 15 dias o que daria 26 idas ao local até estar pronto. Contabilizei dormidas no local (em média uma por ida mas metade destas com 3 noites no local (26:2=13*3noites). Devo confessar que por hospitalidade das gentes do Alentejo nunca gastei um tostão em alojamento pois ele sempre me foi oferecido, (a mim e a todos quanto foram comigo) de forma gratuita e com um sorriso na face. Posso afirmar mesmo que ali ganhei amizades boas e sinceras. O melhor que Portugal tem para dar, como habitual. Somos o melhor povo do Mundo, mesmo que alguns se esforcem para dizer o contrário.

Contabilizei obviamente o equipamento astronómico com um preço médio de mercado para não entrar depois em derrapagens inesperadas no orçamento limitado que tinha e começou de facto esta pequena odisseia.

O próximo passo foi calcular de imedito os gastos mensais do observatório em operação para ter a certeza que não o iria construir, e depois, não o poder usar. Esse cálculo baseou-se no custo da electricidade e acesso à internet mais uma ida mensal ao observatório, pese embora o facto de ter contabilizado manutenção ao observatório 4 vezes por ano, de forma trimestral. Os custos operacionais que constato hoje em dia não ficaram longe dos projectados. Errei por defeito em 5€ mensais.

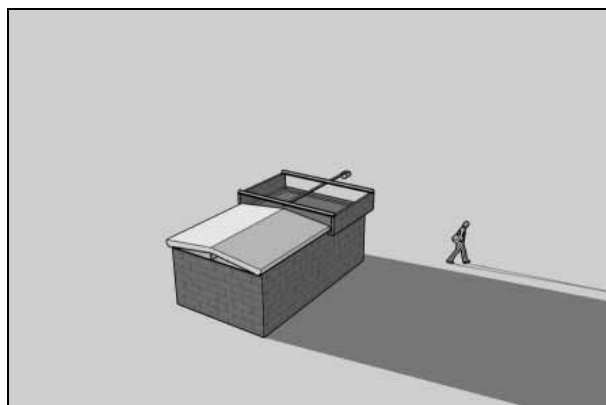
A construção da infra-estrutura

A decisão a tomar aqui foi entre um pacote "pronto a instalar" disponível comercialmente, (uma cúpula, por exemplo) ou uma coisa mais costumizada. Decidi-me pela segunda por custos e pelo crescimento possível num Roll Off Roof que as cúpulas normalmente não têm por não serem modulares.

Fiz o primeiro esboço do observatório a pensar no futuro. Afinal de contas este é o bem menos perecível de todo este projecto e, como tal, havia que o desenhar preparado para o futuro (defeito de formação profissional). O observatório teria capacidade para 5 montagens num alvéolo, preparado para levar mais 8 alvéolos de 5 montagens cada. Sempre me habituei a projectar em grande. Os custo envolvidos são normalmente iguais recorrendo a soluções mais ou menos engenhosas (e simples). Fiz então o desenho habitual do Warm Room e Cold Room deixando no entanto os espaços calculados para que pudesse adicionar mais 8 Cold Room com o mesmo Warm Room, basicamente sendo este o centro e todos o outros os extremos(3*3 com o Warm Room no centro). Para agora um bastar-me-ia mas, como nunca se sabe o que aí vem, deixei a coisa preparada para o que poderá um dia vir. Também disseram ao Marquês de Pombal que a Avenida da Liberdade era um perfeito exagero mas, se hoje tivesse mais 3 faixas de cada lado, a malta agradecia...

Havia que tomar mais uma decisão importante neste processo, construir eu ou pagar para fazer o trabalho. Ambas tinhas vantagens e desvantagens e calculei que para ser eu a construir, (até tinha a facilidade dos materiais porque o meu pai é empreiteiro de construção civil e eu percebo qualquer coisa da poda) teria de dispender de tempo que não tinha, além do que a diferença do valor que me pediram para a infra-estrutura *versus* ser eu a construir, (sem debitar valor da minha mão de obra) não era algo muito diferente. Assim, decidi entregar a construção a um empreiteiro local ao qual expliquei de forma simples o que pretendia. Tive o cuidade de criar um modelo no Google Sketchup (um software gratuito que se encontra na Net) onde se podem criar imagens a 3 dimensões de qualquer coisa. Numa construção deste tipo a forma é importante e pareceu-me de alguma importância mostrar o que queria de vérios ângulos porque o desenho nunca foi bem o meu forte. A terraplanagem teve de ser feita para criar também um acesso confortável ao local sem que os veículos sem tracção integral possam lá chegar no entanto.

Entre explicações várias de ambas as partes, lá acertámos o que se iria fazer e, após um primeiro orçamento abortado, (por se tornar mais oneroso) alterando a localização inicial em 30 metros lá acertámos o que se ia fazer. Há que ser pragmático nestas coisas que envolvem dinheiro.

O empreiteiro deu-me o prazo de construção ao qual adicionei logo 3 semanas (eu tenho um em casa como vos disse e, defeito profissional daquela rapaziada, prazos não é com eles). Curiosamente começou a construção uma semana antes do que estava previsto e por esta atura já tinha andado uma máquina a escavar uma vala de 1 metro de profundidade ao longo de cerca de 150 metros para passar cabos de electricidade e de rede entre o observatório e o ponto mais próximo de electricidade e telefone. Aproveitei para passar os cabos em tubos anelados separados e usar de alguma redundância quer na electricidade, quer no cabo de rede (SFTP Cat5) e passei dois cabos de cada. O facto dos cabos ficarem tão fundo no solo teve a ver apenas com a terra ser arada com tractores e, como tal, não podia correr o risco dos cabos serem cortados dessa forma.

A primeira projecção do observatório

Mesmo tendo começado uma semana antes o construtor lá se atrasou 2 semanas e meia (lá está...) e deu mil desculpas para isso ter acontecido, ele era o Sol, a chuva, o vento, até a sacana da vinha tinha sido desculpa para o atraso. Ele é que não! Como isto já tinha sido contabilizado, daqui não veio mal algum ao mundo.

Decidi construir em cimento com as vantagens e desvantagens que acarreta esse tipo de infra-estrutura mas, por imperativos do solo e meteorologia do local, a qual extraí da web 2 anos de histórico para ver o que por ali se passava, teve mesmo de ser. Noutro tipo de material ou os custos dispravam, ou o empreiteiro não estava habituado a trabalhar com ele ou pior, duraria pouco tempo de acordo com o que previ.

Devo dizer que nas centenas de vezes que olhei para o desenho, alguns pormenores eram inevitáveis de ter passado ao lado mas apenas um pormenor me falhou realmente : o passar do cabo da estação meteorológica de dentro para fora do Cold Room debaixo do solo com tubo anelar. De resto ficaram inclusivamente tubos suplentes para os tais 8 alvéolos que podem ou não alguma vez tomar forma.

As dimensões aproximadas são de 4*4 metros para o Cold e 4*4 para o Warm Room tendo uma pianha em betão armado com 25*25cms, sem tocar no pavimento e com uma base de pianha de 90*90*90 cms, (1 metro cúbico de betão e rocha basicamente) que o construtor garante aguentar com o telescópio. Ora, ao ouvir isto percebi que o homem pensou que ia lá pôr o Hubble, ou talvez dois e fazer um binocular com isso. Um perfeito diparate por exagero. Bem, a GM8 não mexe nem abana até à data, isso posso garantir. Preferi separar a pianha do resto chão para o caso de cair um bocado de caruma no chão que possa estremecer o telescópio, ou ainda que se possam realizar os jogos olimpicos na modalidade de trampolim sem parar de fotografar. Parvoíces à parte, é melhor prevenir que remediar por isso separei.

No topo da pianha foi logo inserido que seria o interface para qualquer montagem que ali ponha fututamente. São 8 varões roscados de 16mm dobrados em J, atados com arame queimado dentro do cimento no sentido horário que têm porcas de aperto entre as bases de madeira que utilizei para estas não perderem a forma e o nível que defini. Ao ter feito este acessório consegui determinar com alguns centímetro de folga onde a base iria estar.

O telhado ficou a meu cargo pois ninguém parecia muito bem entender a ideia de um telhado correr e olhavam para mim como se eu precisasse de um colete branco com uns fechos de lado e atrás. Se calhar não se enganam muito, mas esta fase estava já a começar em fase de testes da estação metereológica que seguiu o mesmo caminho que tudo o resto. Instalar e ligar ao computador de testes (o meu portátil), deixar sempre ligado para ver a fiabilidade e depois implementar na máquina de produção (a do observatório) para a qual criei uma lista de todo o software lá implementado por ordem cronológica.

Aqui devo dizer que a porca torceu o rabo e suei valentemente. O telhado teve de ser soldado e pintado com primário anti corrosão em Lisboa, soldando 2 metades de telhado que seriam depois unidas no local. O revestimento escolhido foram placas da ERFI que apresentam excelente caracteristicas de isolamento térmico e acústico e têm um valor relativamente acessível. Estas também só foram colocadas no local após soldar as duas metades do telhado.

Devo dizer que transportar um telhado numa carrinha não é a coisa que se faça todos os dias e uma valiosa ajuda aqui foram o pessoal da solda que fazem aquilo como quem bebe um copo de água. O telhado foi transportado ainda de noite porque a GNR tem alguma curiosidade relativamente a observatórios e podia apanhar algum que me mandasse parar para ver como se faz .

O telhado foi montado num dia mas as rodas que foram a minha primeira escolha (de skate) embora rolassem dentro da calha que eu tinha metido em cima do lintel do observatório eram atreitas a atritos vários e pareciam ter uma vontade própria de empandeirar, sim é o termo técnico, a coisa. Foram compradas outras rodas maiores (de patins em linha) para retirar este efeito mas estas não chegaram a ser implementadas pois as definitivas foram umas de ferro a correr em cima de um perfil em L ou V onde com o sulco que elas têm mantêm sempre a direcção.

A Rodalgés, que não fica em Algés, (eu sei porque fui para lá à procura da rua e quando vi ficava noutra cidade) tem rodas destas, boas e baratas. Entregam de um dia para o outro e pode-se pagar contra cheque. Mais uma empresa portuguesa com um serviço exemplar.

A tela de aluminio foi dada com Flint Coat, (em português chamam-lhe Flinto Couto, tipo pasta medicinal, mas o nome é mesmo este) para isolar o telhado de placa. Por mais isolante epóxico que se desse infiltrava-se sempre um bocado de água quando chovia a sério e, ali quando chove, chove mesmo. Foram postas também umas “saias” em vinil para que o vento, luz, pós e afins ficassem o mais de fora possível. Como é claro, tive de contemplar que as “saias” se

iam mover com o telhado. Depois de as implementar ainda foi dado poliestireno extrudido (ou expandex, aquelas latas que se metem e aumentam de volume 3 vezes) para que um melhor isolamento fosse aplicado.

O hardware e o software

Um equipamento que possa ligar e desligar equipamento eléctrico é sempre uma boa adição a este tipo de projectos por todos os motivos imagináveis e, desta forma adicionei o IPPower da Aviosys dado a conhecer já há muito tempo pelo Rui Tripa que já o usa no observatório. Equipamento fabricado pelos homens de olhos em bico com um suporte em Inglês de quem é natural do Botswanna e com um upgrade de firmware que é pior que o original. De facto, cria até problema incompatíveis com o que se queria fazer e tive de fazer downgrade ao firmware do equipamento. Não é isento de questões mas, mesmo assim, faz o trabalho necessário. Foi ligado ao relógio para fazer um reboot diário também para não se perder.

A montagem escolhida recaiu sobre um equipamento controlável (por porta série) com capacidade de corrigir erros de tracking (guiagem através do relays da câmara), fiabilidade, posição de parque e outros mais que me parece que seria fastidioso estar a enumerar aqui. Losmandy GM-8 com o conhecido Gemini que controla a montagem na perfeição. Embrulhei o Gemini em papel plástico transparente para poder apanhar umas gotas de água sem se "constipar". O Gemini deve de estar sempre ligado pois a bateria interna gasta-se se não estiver alimentada e com o frio da zona tinha uma vida útil muito curta. Se a bateria acabar, todos os parâmetros são perdidos.
Um pormenor que faz toda a diferença na GM-8 é mantermos o parafuso de aperto da DUP no lado Este da montagem pois permite que a montagem tenha mais espaço para andar em ambos os eixos.

Uma caixa de passagem de cabos à prova de salpicos foi utilizada para fazer as ligações perto da montagem, a meio caminho do computador. Os cabos USB tipicamente têm 3 metros por isso outro 3 foram acrescentados para chegarem ao PC na outra sala por baixo de chão nuns tubos Isogris semi-rígidos. 3 Tubos separados para conexões série, USB e electricidade. No cold room não existem 230V mas apenas ligações a 12V já rectificados e passados por transformadores para que existisse o mínimode interferência electro-magnética entre o tubo da electricidade e os outros que transportam dados e podem gerar ruídos de várias maneiras nos cabos com lindagem fraca.
Pese isso facto, os cabos série foram todos feitos pelo meu irmão TB ,(eu e a solda a chumbo/estanho não nos entendemos com cabo SFTP) mas os USB que se arranjam são maus de isolamento e os bons custam uma fortuna. Adicionei uma placa PCI para ter mais 4 portas USB pois as 4 do PC eram manifestamente poucas.

Um dos problemas conhecidos nestas montagens é o de passar a carrada de cabos necessários sem atrapalhar os movimentos da montagem. Aqui tive de testar fazendo go-to's sem fim para ver se os cabos prenderiam em algum local. Felizmente há abraçadeiras de electricista para minimizar este efeito passando os cabos ao longo do eixo de RA para que qualquer meridian flip possa ocorrer sem azares. Fita isoladora à volta com um pouco de sabão azul e branco em cima é também uma boa ideia para existir menos atrito nos cabos que se deslocam assim livremente dentro da folga estabelecida. Atar os cabos dos motores é também uma boa ideia para que estes não se agarrem aos parafusos dos contrapesos por exemplo.

Mantenho a montagem tão equilibrada quanto possível pois, nos testes que fiz de guiagem, obtive sempre melhores resultados médios de ambos os lados do meridiano deste modo, do que com a habitual práctica de deixar mais peso do lado preferencial para trabalhar.

Para telescópio principal, pensei num refractor APO ou semi-APO (ou ED, como queiram) e apontei para uma distância focal entre os 600mm e 650mm que seria uma distãncia focal mais ou menos segura para se guiar com um telescópio guia mais pequeno em cima com uma segunda câmara. Abertura entre os 80mm e os 100mm, especialmente pelo valor dos telescópios eram a minha preferência. Lá escolhi o fabuloso ED80 da SkyWatcher. Preço versus qualidade, deve de ser o melhor equipamento de astronomia que tenho. Daria sempre um bom telescópio guia no futuro, quando pudesse ter um telescópio melhor.

As câmaras escolhidas foram as ATIK 16HR e a ATIK 1HS (no setip da foto acima) que se ligam por USB , por ter tido a facilidade de lhes poder mexer para testar. O facto de serem USB 1.1 em nada interferiu na decisão porque que vai fazer imagens de longa exposição, provavelmente não lhe fará, em bom sentido, grande diferença de o download da frame demorar 16 segundos em binning 1:1 com full frame. Ajudaram bastante também as imagens do Filipe Alves (que sempre me encheram as medidas) que eram feitas com as ATIK. Havia ainda a considerar roda de filtros para a câmara principal, focador, UPS e estação meteorológica, incialmente. Outros pequenos equipamentos seriam necessários mas estes eu já sabia serem essenciais para o que pretendia fazer.

Fiz uma série de testes com o RRCI (Rolling Roof Controller Interface) da CCDAstro e com o motor da Chamberlain (ML-700) comprado no AKI para garantir que tudo funcionava correctamente seguindo sempre o mesmo processo. Testes, manter ligado, implementar no observatório. O RRCI é um equipamento ligado por porta série ao qual se podem ligar sensores de fim-de-curso para determinar a posição do telhado (aberto, a andar ou fechado). O motor levou ainda em cima dele uma caixa de plástico daquelas que se vendem nos hipermercados para que a chuva não lhe caísse em cima. Apenas tive de fazer um corte no plástico para que o rail da corrente ficasse desimpedido.

A parte da implementação foi especialmente dolorosa por falta de tensão na corrente que faz correr o telhado que pesa cerca de 250 Kgs. O motor tinha força mas não conseguia fechar pois a corrente passava-se à volta do pinhão de ataque do motor. Cheguei a pensar que deveria ter comprado um sistema de rodas dentadas....

Foi graças a uma ideia genial do meu irmão Jorge Canela que a coisa ficou resolvida. Foi implementado esse grande acessório astronómico que é o esticador.

Sim, esse mesmo que todos tempos no estendal lá de casa para que o cabo de aço fique tenso para se estender a roupa. Depois de implementado nunca mais o telhado teve dificuldades de qualquer espécie. Foram implementados os sensores de fim de curso para detectar o telhado aberto, a correr ou fechado e um outro dispositivo de segurança que era opcional naquele modelo de portão de garagem. Um sensor de infra-vermelhos. Esta maravilha que foi metida nisto para que se o carro ficar estacionado debaixo do portão de garagem, o portão não feche dando

assim a “traulitada” no carro, é uma maraviha para se o telescópio não parquear devidamente, impedir o fecho do telhado levando tudo atrás. Apenas se tem de ter o cuidado de apontar um sensor para o outro o que, em 4 metros de distância se revelou mais fácil do que esperava.

Necessitei de uma peça para adaptar a montagem à pianha e, visto ter calculado a altura desta para uma Paramount com um RC16” (lá está, posso nunca vir a ter nenhum dos dois mas pelo menos sei que aquilo cabe lá se tiver dinheiro para isso), a altura tinha de ser acrescentada para que a GM8 ficasse lá e tivesse o horizonte o mais baixo possível. Estando a 565 metros de altitude não me pareceu difícil.

Por estes dias dizia eu o que nunca até então pensei possível. A trigonometria serve mesmo para qualquer coisa... que diabo! Então não é que serviu para eu calcular o centro de rotação da montagem e do eixo óptico recorrendo a funções e trigonometria para descobrir qual a altura a que a base da GM8 deveria ficar?! E não é que bateu tudo certo?

Implementei o meu fantástico Skywatcher ED80 e um telescópio que o Pedro Mota me emprestou para guia com a 16HR e a já no mercado 16IC para guiar. Nesta fase já tinha o Robofocus chegado, estava testado e pronto a implementar. Nunca vi um equipamento de configuração tão fácil. Clica-se nuns botões e já está focado... Ligação por porta série para não variar. É controlável manualmente ou pelo Focus Max, que é gratuito, e que tira o melhor que este focador tem para oferecer ao utilizador desde que devidamente calibrado no foco e na temperatura. O Robofocus teve de ficar, no caso do meu equipamento a Oeste do telescópio por assim ocupar menos espaço aquado dos meridian flips para não bater no motor da montagem.

A roda de filtros chegou também – FLI CFW 1-8- e pese embora o facto de ter ardido por causa dos picos de tensão no meu laptop nas portas USB, enviei para onde a tinha comprado e com 15€ resolvia questão. Nunca mais me deu problemas mas devo advertir que o suporte online é muito fraco. Para um produto destes a página web então é no mínimo fraca. Esta rod atem ainda a particularidade de, para utilizar o menor espaço possível para termos in-focus suficiente em algusn casos e, mais importante, para reduzir os reflexos internos dos filtros, que criam reflexos nas estrelas mais brilhantes, não ter roscas para metermos os filtros. Deste modo tie de arranjar a ferramenta em borracha para poder desenroscar os filtros e utilizá-los na roda de filtros.

Os filtros utilizados são da Astronomik com LRGB, H alpha13nm, SII e OII deixando ainda um filtro livre para mais tarde poder pôr um H alpha de banda mais estreita, 6nm ou 3nm. Estes foram os filtros que considerei necessários ao que queri afazer. A FLI dispões de rodas com até 20 filtros diferentes disponíveis comercialmente e fabrica customizáveis a pedido.

A roda de filtros é contraposta à Atik 16HR (aqui já acompanhada da Atik 16IC) para que o conjunto esteja tão balanceado quanto possível e, no meu caso particular, aproveitei para desviar a parte mais comprida da roda de filtros da pianha para ter “mais meridiano” a Este de forma e evitar meridian flips. O Gemini permite esta configuração.

As câmaras de CCD estão alimentadas através do mesmo transformador e depois através da porta proprietária da Atik 16HR é alimentada a Atik 16IC, sempre é menos um cabo a passar na montagem.

Testei logo aquelas pequenas coisas, como deixar os telescópios destapados para ver o que as aranhas fariam e constatei que as aranhas, grilos, cigarras e osgas são todas muito educadas e cada uma ocupa o seu espaço no observatório sem me incomodar. Visto estes já viverem lá antes de mim decidi deixá-los ficar e não fazer nada para perturbar o que é um equilibrio saudável porque, a páginas tantas poderia ser bem pior a emenda que o soneto.

Web cams foram também utilizadas. A já famosa Philips Toucam Pro transformada *a la* Atik 1-HS ficou a apontar para um espelho que vemos nas esquinas das ruas e onde há sinais de STOP sem visibilidade. Desta forma tenho acesso a uma all-sky cam, (na verdade half-sky cam) depois de aberto o telhado. É claro que só o abro depois de verificar no software meteorológico que não está a chover. A longa exposição, que é mandatória para este tipo de função, é feita por porta paralela e uma placa PCI com2 portas paralelas foi adicionada por ter outro equipamento que ligava lá que hoje já não estou a utilizar.

Uma outra web cam PTZ (Pan, Tilt, digital Zoom) aponta para a montagem quando é ligada e permite apontamentos vários no cold room para ver o que se está lá a passar. Esta já se revelou bastante útil quando fiz acidentalmente um cold start com o telhado aberto a partir de Lisboa e tive de encontrar de novo a posição de parqueamento da montagem para poder fechar o telhado. Para isto ajudou-me em muito o meu candeeiro remoto, que se liga com um clique do rato por estar ligado ao IPPower. Só se acende para emergências como esta em que o utilizador faz argolada.

Uma outra web cam do lado de fora do observatório monitoriza quem por ali passa e se há nuvens a Sul e a Este. Esta câmara está dentro de um invólucro barato encontrado na loja do Gato Preto ou semelhante e costuma ser usada para guardar café. Aproveitei a estanquicidade desta e a tampa transparente para poder observar de dentro dela para fora.

A última web cam está no warm room e serve para conferenciar em video e, como tem microfone é o que utilizo para passar voz. Uso para esse fim o Windows Live Messenger e o Skype, que dá para telefonar mesmo para números públicos em modo pré-pago. Muito útil quando o tempo piora e o GSM é mais atreito a perder rede por funcionar nos 900Mhz ou 1800Mhz do que a ligação do Zapp a 450Mhz em que o comprimento de onda é maior.

Pelo atrás referido, nesta altura foi implementada a internet que, ao invés do que a PT dizia na altura, afinal não tinha ADSL ali. Como entendem é uma condição obrigatória o acesso à net para um projecto destes. Fui procurar outra solução...

Como não existe cobertura 3G, (só um dos operadores tem cobertura GSM e muito mal, só no observatório mesmo) tive de ver o que o mercado tinha. Podia sempre instalar uma linha de rede analógica com os seus magnificos 56Kb ou o Zapp, que até se pode comprar e devolver nos primeiros 15 dias sem encargos. Fui obviamente para esta segunda opção que funcionou sem pestanejar no seu modo mais lento, RTT. Não havia EVDO, o modo mais rápido. Felizmente, 3 meses volvidos, o EVDO foi implementado e a navegação tornou-se bem mais agradável. Liga-se por USB

ao PC ou a um router com avantagem de ter bateria própria que dura algumas horas e mantém conectividade por ele próprio. Uma antena de 2dBi foi adicionada ao Zapp para este ter uma captação melhor e, acima de tudo, mais estável.

É claro que tive de adicionar um router para poder aceder de formas diferentes ao observatório e, devido a situações que se prendem com a utilização do Zapp, fui forçado a escolher o Asus WL-500gP. O router não é o melhor que há e o firmware da Zapp para ele também não mas, foi a única opção possível. O firmware é gratuito e fornecido pelo prestador do serviço.Existem outros firmwares mas nunca experimentei algum. As limitações inerentes a este firmware levaram-me a ter de adquirir um temporizador que desliga o router 1 minuto por dia porque este não tem opção de pré-programar um reboot pré-definido.

Este ponto apenas se pôs porque, ao ter o DynDNS activo para ter uma ligação permanente ao observatório (o serviço da Zapp não tem IP fixo nem a pagar) o router perdia-se com os updates do DynDNS e apenas voltava à vida com um reboot. Uma antena externa de 16dBi da Yagi é utilizada para dar internet a um casal amigo que mora ali a uns 500 metros que recebe o "serviço" através de uma antena externa de 3dBi colocada no telhado.

Hoje já tenho ADSL disponível e tenho assim mais uma opção para considerar. Havia que escolher uma estação metereológica que detectasse alterações climatéricas que obrigassem o observatório a fechar e que comunicasse com o PC. A estação meterorológica escolhida foi uma Lacrosse WS-2308-CH que, sendo o hardware de franca má qualidade, até à data não posso dizer mal dela e tem-me servido para o mesmo que as outras. Com menos precisão, é verdade mas nisto temos que analisar os "não problemas". Não interessa se chove 1mm ou 2mm de chuva, o que interessa é se chove ou não. As medições que podem interessar mesmo que errem por alguma coisa não é aí que a coisa morre. Não quero dizer com isto que ela não seja precisa mas com certeza há equipamentos mais apropriados como o Boltwood Cloud Sensor (I e II) mas que têm um valor verdadeiramente astronómico assim como as estações da Davis.

A implementação deste equipamento é feita por porta série, (adicionei uma placa PCI com 4 portas adicionais à do PC) e passa os dados através do software Heavy Weather. Não existe standard algum criado para as estações meteorológicas e os fabricantes implementam tudo a seu belo prazer. Felizmente o Chuck Faranda da CCDAstro tem um Weather Server para o ACP (compatível com o weather server ASCOM) chamado ACPWeather Watcher que se interliga ao Heavy Weather através de um middleware chamado Virtual Weather Station. Esta confusão toda faz com que demore cerca de 1 minuto e meio até que o Weather Watcher entenda que o tempo está inseguro. O tempo pode ser considerado inseguro através de uma série de parâmetros como sejam a humidade, temperatura, vento, chuva, etc...

Aproveito nesta altura para trazer à baila o "não problema" que mais tenho visto a ser abordado. O segundo focador que não pode ser controlado a partir do MaximDL. Primeiro, podemos controlar o segundo focador com uma segunda instância do Focusmax a correr desde que lhe dê-mos outro nome e depois, quanto a mim não faz falta nenhuma para o guia. É a minha sincera opinião. Há cerca de 5 meses que não foco o guia que como sabem é o maravilhos 80ED da Skywatcher e as estrelas estão pouco mais gordas do que no dia em que as foquei. Nunca foi motivo para a guiagem ter corrido pior.

Uma UPS era um equipamento imprescindível em caso de falha de energia e, como defini separar em dois blocos de energia, um sempre activo e outro que posso ligar apenas quando o observatório está activo, enveredei por colocar uma UPS Mustek de 650VA na parte sempre activa, que tem pouco consumo e como tal estes 650VA conseguem alimentar esta parte durante cerca de 2 dias e uma UPS Mustek de 2KVA para o computador, motor do telhado e tudo o resto. Contas feitas posso trabalhar perto de 1:30h sem corrente eléctrica no observatório sem problema algum. Ambas se podem ligar ao PC por USB ou série mas o software apenas vê uma pelo que é a de 2KVA que está ligada e monitorizada. O software é grátis e chama-se WinPower e é um pouco *sui generis* no que toca à fiabilidade.

Agora que o hardware estava basicamente lá, era altura de começar a fazer a implementação de software astronómico. A minha escolha foi o ACP (Astronomer's Control Pannel) como muitos o conhecem. Feito pela DC-3 assenta na ideia do Bob Denny (o homem que "inventou" o ASCOM e o Pinpoint ao que sei). Testei antes disso dois outros softwares mas que apresentavam limitações sérias para o que pretendia fazer por isso a decisão não foi difícil. Para além disso o Bob Denny tem um "approach" diferente do ponto de vista comercial e de suporte técnico ao cliente, factor que me fez decidir sem procurar mais. Existe uma enorme capacidade de scripting neste software e tem 1.000.000 de opções completamente abertas e alheadas do equipamento que se utiliza o que para mim é uma boa aposta. Tudo quanto é proprietário prende-nos com amarras e por melhor que seja, se um dia queremos experimentar algo novo, pode não se possível implementar porque estamos de alguma forma presos aquele fabricante ou software ou seja o que seja.

A este ponto é bom dizer que todos os equipamentos e software implementados têm um manual do utilizador (quase sempre muito bom) e que convém lermos antes de começarmos a dizer mal dos aparelhos. Após ler o manual atentamente e testar quase todas as funcionalidades, quase a totalidade funcionou como devia sem pestanejar.

O ACP não é excepção e tem um aviso após a instalação que convém ler e seguir passo a passo. É muito fácil as coisas começarem a correr de mal a pior apenas porque saltámos uma página do manual do utilizador.

Devo dizer que o ACP é um software plug-and-play para quem não queira desenvolver nada mais do que ali vem mas sem conhecimentos alguns por aí além se pode aprender a fazer umas coisas bem engraçadas e a comunidade de clientes do ACP tem uma série de colegas que são verdadeiros experts na arte de implementar soluções.

Lamento no entanto que até hoje, ainda não tenha surgido um tipo de objecto ASCOM como seja uma UPS pelo que, para se integrar uma UPS no observatório (verdadeiramente integrada quero eu dizer) seja necessário recorrermos ao scripting de objectos ASCOM com soluções um pouco manhosas. Apesar de eu ter muitas vezes discutido isto com outros clientes do ACP ninguém tinha um script para fechar o observatório em caso de falha de energia com condicionantes. Estas condicionantes podem ser muito simples desde, aguardar x minutos e depois então fechar o observatório se ainda não houver energia até soluções ligeiramente mais complexas como sejam se ainda faltarem x ou menos minutos para acabar aquela exposição, aguarda até ao fim mas se faltarem mais corre antes outro script para notificar o software que irá fechar e passar por rotinas específicas. Tudo isto foi possível de implementar com ajuda de

um colega Europeu. Um Alemão de nome Jorg Hanisch ajudou-me a entender mais do que os scripts que queria. De facto ajudou-me a entender algo sobre scripting. Aprender até morrer...

Como o tempo começava a apertar, mais e mais testes foram feitos sem ceder à tentação de agarrar no material e tentar começar a fazer "bonecos" de qualquer tipo porque isso ir-se-ia reflectir nos resultados que buscava mais cedo ou mais tarde.

Apareceu-me então a oportunidade de adquirir um telescópio melhor mas que ficava no extremo do que a montagem poderia carregar. Decidi que valia a pena esticar o pano até ao limite, embora estivesse perfeitamente consciente que poderia ser um tiro no pé. Tal não se veio a verificar e a Losmandy GM8 mostrou-se digna de serviços bem além do que esperava dela. Com 1 Atik 16HR, 1 Atik 16IC, 2 DUP's, 1 ED80, 1 flt-110, 1 FLI CFW-1-8, 1 Robofocus, 1 apontador, cabos, parafusos,2 extensores de 2" e afins (cerca de 16 Kgs) a GM8 guia perfeitamente para a escala de imagem em que estou presentemente a trabalhar; 1,85 arc-secs por pixel.

O "comboio" completo.

Devo advertir que para atingi estes resultados tive de bater bem no meu worm e ajustar 1/10 de mm de cada vez em cada lado e por vezes metade disso e esperar por ver 16 minutos de guiagem (2 worm cycles) em 8 posições do céu. É muito tempo a ver gráficos mas compensou no final. Isto foi feito com o famoso apalpa folgas dos chineses, vendido tipicamente para acertar as velas nos veículos automóveis.

Ao dia de hoje estou quase seguro que a guiagem ainda pode melhorar tanto na componente física da montagem como na componente do software.

O Gemini traz com ele uma ferramenta muito útil para o alinhamento polar chamada PAC – Polar Alignment Correction e quando feita 2 ou 3 vezes reduz bastante o erro que se possa ter ao polo para uma primeira aproximação. Depois disso utilizar o Pole Align Max, uma ferramenta gratuita feita pela mesma dupla do FocusMax é um modo de alinhar com mais precisão calculando até o efeito refractado do polo. Muito útil, rápido e com resultados excepcionais. encontra-se a 4 arc-segs em altitude e 25 arc-segs em azimute. Presentemente o desvio é tão pequeno que, sem mexer, o próprio Pole Align Max já vai dando valores variáveis perto uns dos outros pelo que não mexo mais para não estragar. Já estava a ter dificuldade em ver quantos pixeis a estrela tinha a mais de um lado que doutro...

O PC é um dos pontos cruciais do observatório e, gastando mais do que esperava, (a diferença dos 5 € vem deste rapaz) não deixa de ser um bom equipamento. A capacidade deste já está ultrapassada se considerarmos o último grito da tecnologia mas creio que ainda irá ficar em actividade por um bom tempo, em especial porque configurar estas coisas demora bastante a nível do software e o PC, no meu caso particular é o "coração" do observatório pelo que, se ele fôr abaixo, tenho um problema. Uma breve descrição do sistema:

- P IV a 2.6 Ghz
- Disco SATA 120 GB
- 512 RAM DDR 400
- 5 portas série
- 8 portas USB
- 3 portas paralelas
- Placa de rede
- Leitor CD/DVD
- Leitor Diskette
- Fonte 400W

A única particularidade deste sistema é ter um shunt no botão de ligar/desligar para poder gerir o PC a partir do IPPower. Não tem as tampas para não aquecer e consome bastante energia, só o Pentium IV são 105W de pico e o sistema consome em média 138W por hora em stand-by sem monitor.

Em cabos e afins, feitas as contas, gasta-se um dinheirão e é fácil esquecer esses acessórios sem o qual nada fica funcional por isso dou a dica a quem possa pensar em fazer uma coisa deste género para incluir não só cabos mas parafusos, porcas, anilhas, molas e muitas outras coisas pequenas que não nos passariam pela cabeça antes de fazer algo deste género.

Os testes finais

Estando tudo isto implementado e testado, era altura de me focar no propósito maior de tudo ficar a funcionar correctamente sob várias condições. Mais uma série de testes foram feitos (aquilo parecia que não acabava nunca mais) mas a coisa lá ia indo.

Após ter concluido todos os que achei necessários foi feita a primeira exposição inteiramente robótica (desde ligar as câmaras electricamente, ligar a estação meteorológica, abrir telhado, apontar, focar, resolver a localização, reapontar, expôr, mudar filtro, refocar, reapontar, expôr... fechar). Este mesmo teste foi depois repetido em ambiente LAN ainda através de wireless a 500 metros de distância (sim, acabei por me tornar no ISP daquela zona dando internet à borla aos que ali moram por cabo e por wireless) e finalmente repeti esse teste a partir de minha casa, já num trapézio sem rede onde se a coisa azedasse... lá tinha de conduzir 5 horitas.

Felizmente não aconteceu por obrigatoriedade, mas já tive de ir lá de "plantão". Algo tão simples como um componente avariado na câmara de CCD faz-nos ir ao observatório buscá-la, voltar, reparar, tornar a ir, colocar no local original e tornar a voltar, e isso já me aconteceu. É bom que tenhamos pensado que isso pode acontecer. Felizmente avarias não tenho tido quase nenhuma e quando a coisa corre mal é tipicamente o erro mais comum que tantas vezes nos esquivamos de aceitar. Erro de utilizador!

Este é o erro que mais ocorre porque tem a ver com o cansaço, a fome, a falta de cigarros, alcool em demasia, enfim, uma miriade de coisas que podem acontecer e que nos afectam no nosso melhor juizo. Sou um fervoroso adepto de levar as coisas até ao fim mas acredito também que às vezes parar 5 minutos e voltar fresco também tem as suas vantagens. O truque, se é que ele existe, consiste em saber quando aplicar que regra.

Pondo este erro no seu factor minimo criei uma tabela para eu utilizar dos passos a efectuar numa folha de excel para não passar por cima de nenhum, acontece em especial por se tornar rotineiro ou, por excesso de confiança, e tento cumprir escrupolosamente o que escrevi.

O Plano

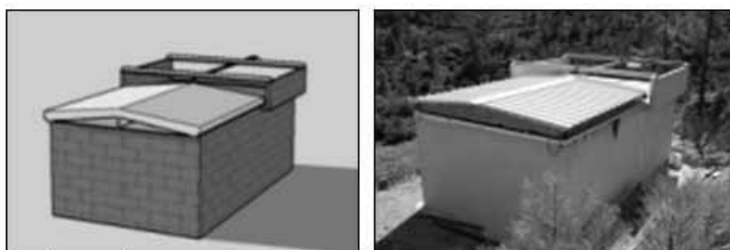
O plano é algo que faço num pequeno software grátis chamado ACP Planner e que planeia toda a noite ou parte dela consoante aquilo que pretendemos fazer. Podemos começar por exemplo às 22:37 por fazer 5 exposições de 12 minutos a M51 com filtro L em binning 1, passarmos ao filtro R, com 7 exposições de 23 minutos com binning 3, saltar para o filtro H-alpha em M3 com exposições de 3 horas refocando em cada filtro ou criando um mapa do offset dos filtros (acabam sempre por não ser todos parafocais).

Um dos trunfos do desenvolvimento que fiz no ACP é que posso carregar este plano às 9 da manhã e não ter acesso ao computador durante todo o dia que 1 hora antes do plano iniciar, a electricidade vai ser fornecida a todos os equipamentos que estão normalmente desligados, o tecto vai abrir para arrefecer à temperatura ambiente externa e à hora de início do plano este prossegue até ao final.

Para além deste modo robótico que é o que utilizo para trabalhar como pretendo, posso ainda utilizar o observatório em mais dois modos.

O primeiro é através da página web que controla o ACP onde posso fotografar 1 ou múltiplos objectos e a imagem ao final de sair é-me mostrada como um thumbnail em jpeg para ter ideia de como está a correr. Tenho ainda a opção de utilizar o PC como FTP server para tirar todos os ficheiros que gerei para a máquina onde estou a trabalhar etc...

O segundo modo é através de Remote Desktop ou do Teamviewer (este último muito engraçado porque podem estar várias pessoas ligadas em simultâneo ao PC apenas a ver enquanto um opera o mesmo) onde trabalho em modo remoto. Muito útil para as noites de chuva ou com nuvens onde fazer darks por exemplo se torna menos aborrecido.

O observatório ficou no final com o aspecto geral muito semelhante ao que tinha projectado sem alterações de maior.

Da ideia inicial... ao observatório concluído

Agradecimentos Astronómicos (AA)

Ao Ti'Zé Maria, Dona Rosa e família que ajudaram o projecto a tornar-se uma realidade, ao Filipe por ter construido metade do 1º observatório robótico em Portugal aos 12 anos, ao Ré por ter sido quem primeiro me disse onde podia aprender mais sobre isto, ao xô Mota e ao xô Tripa por terem explicado tudo o que perguntei, (e se eu sou chato) da forma mais honesta e simples possível e por terem sempre acreditado.

À velhota e ao velhote pelo suporte continuo. Ao puto Chicha e TB, os meus irmãos, pelo apoio de sempre. À minha mulher pela inesgotável paciência que é preciso ter para me aturar as maluqueiras. Aos outros todos que me esqueço aqui também, eles sabem como a mioleira aqui funciona e que o lugar deles é aqui.

Um agradecimento também aos que me disseram que não era possível pois foram uma inesgotável fonte de energia para mim.

GL 581C, UM IRMÃO DA TERRA?

José Matos

O nome não é fácil de fixar, mas o GL 581C já é um planeta famoso. Desde que foi anunciada a sua descoberta em Abril, muito se falou sobre este novo planeta, embora na verdade pouco se conheça sobre este novo mundo. Situado a 20,5 anos-luz da Terra, anda à volta de uma anã vermelha conhecida como Gliese 581. O novo planeta parece ser um irmão da Terra, pois é o primeiro descoberto que apresenta condições para a existência de água no estado líquido. Mas a descoberta deste planeta por uma equipa de astrónomos europeus está ainda envolta em grandes incertezas. O planeta faz parte do grupo das chamadas *"Super-Terras"*, um conjunto de pouco mais de uma dezena de planetas, que são potencialmente considerados planetas telúricos, ou seja, rochosos como o nosso (ver tabela 1). É uma família especial de planetas, todos com menos 15 massas terrestres.

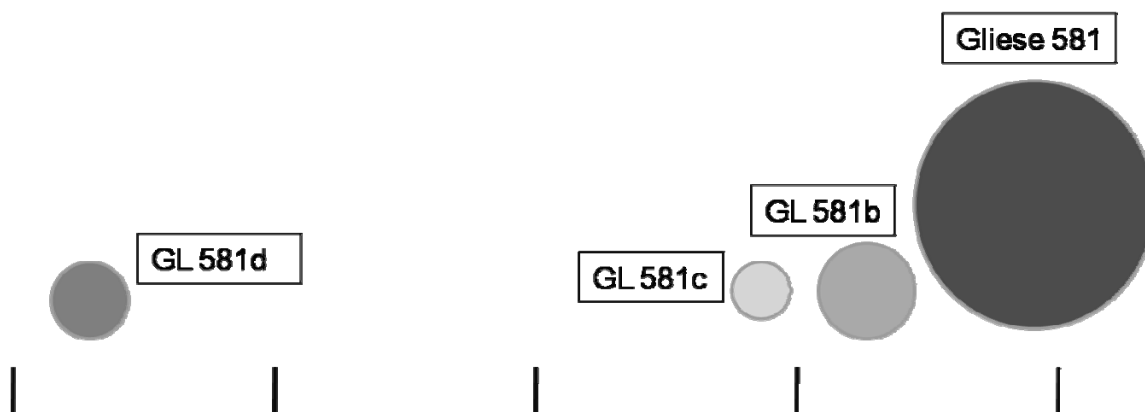



Figura1- *Representação do sistema planetário à volta de Gliese 581*

O GL 581C é o mais novo da família e também o mais leve com cerca de 5 massas terrestres. O que o torna especial é que devido à sua órbita curta (13 dias terrestres), pode estar no limite "quente" da chamada zona habitável, ou seja, na região onde pode existir água no estado líquido. Isto porque GL 581 é uma anã vermelha, ou seja, uma estrela mais fria e menos luminosa do que o nosso Sol. Daí que a chamada zona habitável está muito mais próxima da estrela do que no caso do nosso Sol. Mas os limites desta zona são difícies de definir, pois estão sempre relacionados com o que se passa na superfície dos planetas. O limite interior ou chamado "quente" é obviamente aquele onde a água se evapora, mas isso depende obviamente do planeta e da sua atmosfera. O mesmo em relação ao limite exterior ou "frio", que corresponde a uma zona onde a água congela, mas de novo, depende do tipo de planeta e atmosfera que encontramos nessa zona. Sendo assim, o GL 581c tanto pode estar dentro como fora do limite interior da zona habitável.

Há muito que se procurava um planeta parecido com a Terra fora do nosso sistema solar. Até há pouco tempo não se conhecia nenhum que pudesse ter condições agradáveis para a vida tal como a conhecemos na Terra. Mas a descoberta do GL 581C, animou os caçadores de planetas extra-solares, que há muito procuravam planetas semelhantes à Terra. Mas o novo planeta não está sozinho à volta da sua estrela. Juntamente com ele tem dois irmãos mais maciços (ver figura 1). O primeiro foi descoberto em 2005 e anda à volta da estrela em apenas cinco dias terrestres. Como foi o primeiro descoberto chama-se GL 581b. É um planeta gasoso com uma massa quinze vezes maior do que a Terra e circula a 6 milhões de quilómetros da Gliese. O outro é também um planeta gasoso, mas mais distante com oito massas terrestres, a 37 milhões de quilómetros da sua estrela. É o mais exterior do sistema e chama-se GL 581d.

Pensa-se que o novo planeta possa ser um planeta telúrico, ou seja, feito de rocha como a Terra, embora aqui não existam grandes certezas, pois também pode ser um planeta gasoso ou um planeta oceano. Tudo depende do local onde se formou. Se nasceu perto da estrela é lógico que seja um planeta telúrico, pois não tinha muito gás à sua volta para se transformar num gigante gasoso. Mas se nasceu mais longe e depois migrou, pode ser um planeta oceano, completamente coberto de água.

A descoberta aconteceu graças um telescópio situado no Chile e um espectrógrafo de alta resolução (o Harps) capaz de detectar pequenas variações na velocidade radial de uma estrela (0,3 m/s). A velocidade radial é a velocidade com que uma estrela se aproxima ou se afasta de nós. Se a estrela se aproxima tem valor negativo se a estrela se afasta tem valor positivo e pode ser medida no espectro da estrela cujas riscas (devido ao efeito de Doppler) vão apresentar ligeiros desvios para o azul ou para o vermelho consoante a estrela se aproxima ou se afasta de nós. Ora, uma estrela que tenha um planeta à sua volta oscila ligeiramente em torno do centro de massa comum ao sistema, pois enquanto gira o planeta atrai a estrela de um lado para o outro com a sua força gravitacional, o que provoca perturbações na velocidade radial da estrela. O puxão é quase insignificante, mas mais uma vez pode ser medido no espectro estelar, onde as linhas espectrais vão apresentar leves desvios para o azul ou para o vermelho consoante a estrela é puxada ou afastada na nossa direcção. As variações observadas na Gliese 581 permitiram detectar o planeta

em questão. O puxão que este provoca na sua estrela é de 2,5 m/s perfeitamente acessível ao Harps. As anãs vermelhas são alvos interessantes para planetas, pois devido à sua massa são mais facilmente perturbáveis por planetas em volta. A Terra, por exemplo, provoca apenas uma variação de 8 cm/s na velocidade radial do Sol, o que significa que seria indetectável pelos instrumentos actuais.

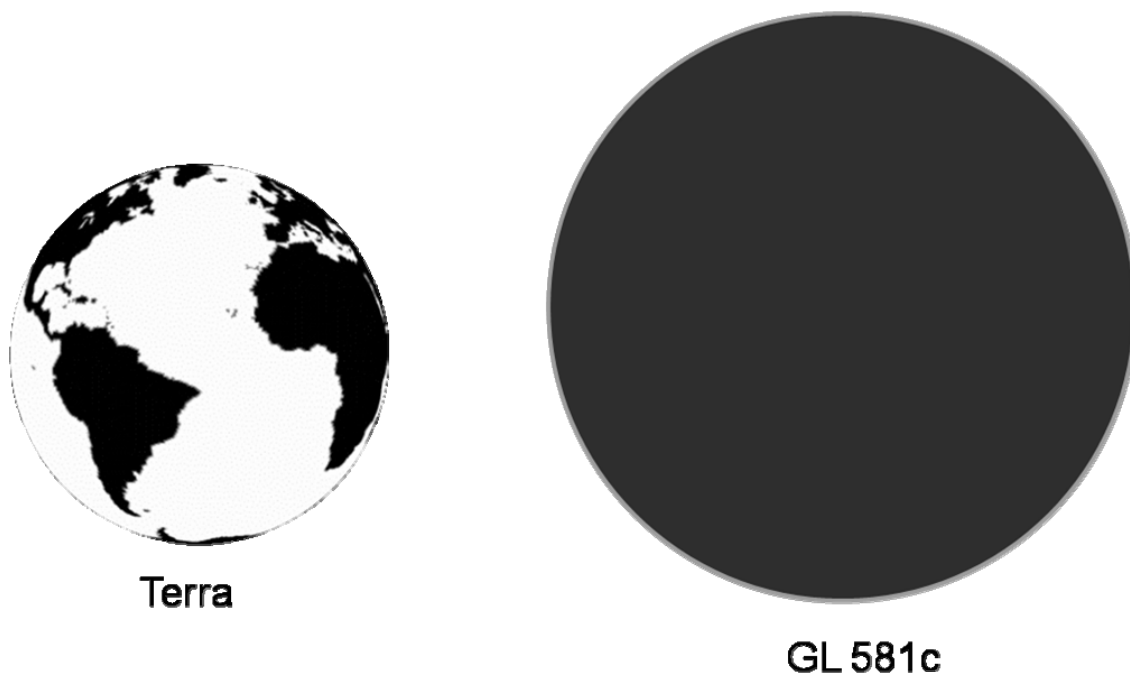



Figura 2- *Comparação entre a Terra e o planeta GL 581c*

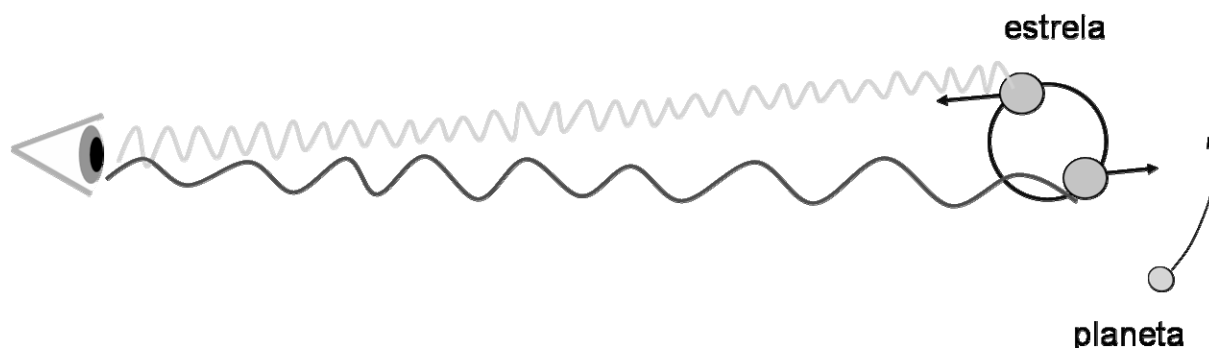



Figura 3- *Representação esquemática da perturbação de um planeta sobre a velocidade radial de uma estrela. A sua presença à volta da estrela faz com que esta se afaste e se aproxime da Terra.*

Os autores da descoberta sustentam que o GL 581C deve ter uma temperatura entre -3 ºC e + 40º C, o que o torna muito parecido com a Terra. Em tamanho, o GL 581C é um pouco maior do que nosso planeta e a sua massa e gravidade são suficientes para segurar uma atmosfera em redor do astro. A existência de atmosfera é também um factor fundamental para a existência de água no estado líquido, pois além da temperatura ideal, a água líquida precisa também de pressão atmosférica para manter o seu estado. Por outro lado, a Gliese 581 é uma estrela estável e emite praticamente a mesma quantidade de luz e calor há 5 mil milhões de anos, o que também é um factor positivo para a existência de vida. No entanto, apesar da energia confiável e estável da estrela e das características do planeta descoberto, ninguém pode garantir que este tenha vida. A única coisa que se pode dizer é que está realmente numa região de temperaturas amenas e onde é possível a existência de água no estado líquido. De resto pouco mais se pode dizer. Mesmo sobre a temperatura, tudo depende da composição e da espessura da atmosfera, que é completamente desconhecida, o que pode alterar as suposições sobre as condições climatéricas existentes no planeta. É bem possível que o planeta tenha uma atmosfera mais espessa do que a da Terra, pois tem mais gravidade. Daí que ninguém sabe qual é o efeito de estufa que existe no planeta e que temperatura existe na superfície.

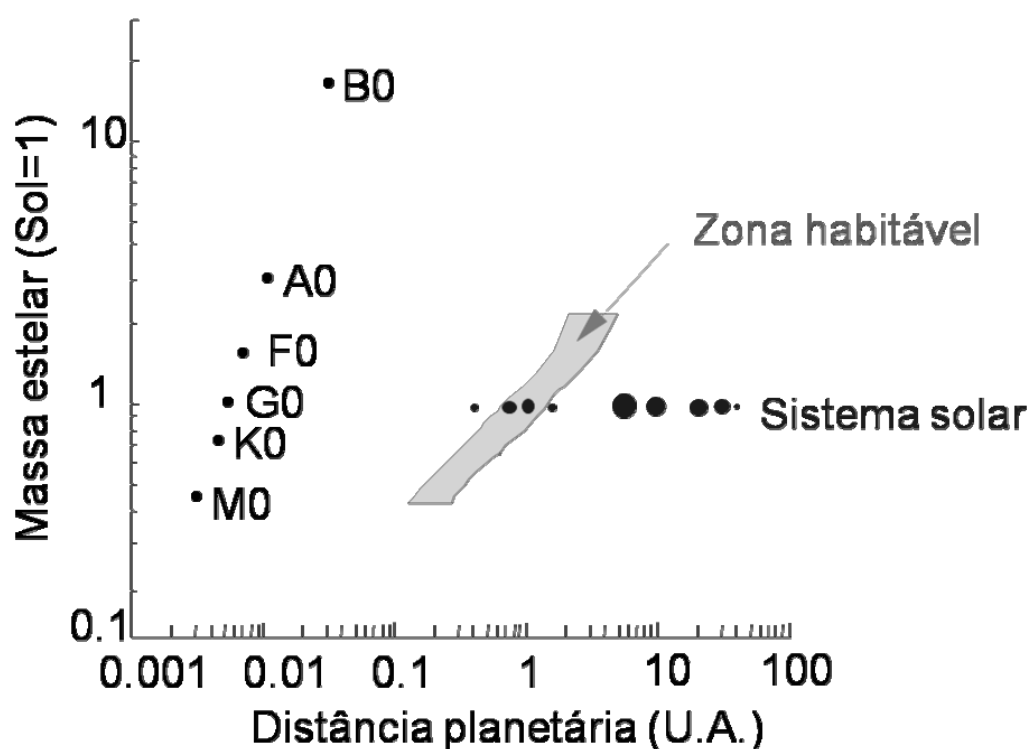



Figura 4- *Representação esquemática da zona habitável em função do tipo de estrela. No caso do planeta agora descoberto a zona encontra-se mais próxima da anã vermelha que é do tipo M.*

Também não se sabe se o planeta tem sempre o mesmo lado voltado para a sua estrela, pois caso a sua rotação seja igual ao período de translação, o GL 581C terá sempre o mesmo lado voltado para a anã vermelha. Desta forma, um dos lados do planeta ficaria sempre na mais completa escuridão e o outro, sempre iluminado. O que conhecemos ao certo sobre o novo planeta é a sua massa (com uma pequena incerteza) e o seu período de translacção (com grande precisão). Outros dados são ainda especulativos. Sendo assim, aguardam-se novas investigações sobre este novo planeta de forma a saber com rigor se é ou não um irmão da Terra. A Gliese 581 já foi observada pelo satélite canadiano Most com o objectivo de detectar algum trânsito planetário, mas até agora sem sucesso.

Tabela 1 – Candidatos a Super-Terras

Nome do planeta	Massa terrestre	Período (dias)	Distância (U.A.)	Tipo de estrela	Distância (a.l.)	Descoberto
GL 581c	4,8336	12,91	0,073	Anã vermelha	20,4	2007
OGLE-05-390L b	5,406	3500	2,1	Anã vermelha	21190	2005
GL 876d	5,724	1,94	0,0208	Anã vermelha	15,4	2005
GL 581d	8,2362	84,4	0,25	Anã vermelha	20,4	2007
HD 69830b	10,494	8,67	0,0785	Tipo solar	41,1	2006
GJ 674b	11,766	4,70	0,039	Anã vermelha	14,8	2007
HD 69830c	12,084	31,56	0,186	Tipo solar	41,1	2006
OGLE-05-169L b	12,72	3300	2,8	Tipo solar	8802	2005
HD 160691d	13,992	9,55	0,09	Tipo solar	49,9	2004
55 Cnc e	14,31	2,81	0,038	Tipo solar	43,7	2004
HD 4308b	14,946	15,56	0,114	Tipo solar	71,4	2005
GL 581b	15,2322	5,37	0,041	Anã vermelha	20,4	2005

ALGUNS MITOS SOBRE TELESCÓPIOS E QUALIDADE ÓPTICA

GUILHERME DE ALMEIDA
G.ALMEUIDA@VIZZAVI.PT

Introdução

De quando em quando ouvem-se ou lêem-se histórias sobre a relação entre a qualidade óptica de um telescópio e a seu efectivo desempenho. Uns pensam que qualquer telescópio é bom (ou que todos os telescópios são iguais desde que sejam da mesma abertura). Outros entendem que se o erro na frente de onda não for pelo menos $\lambda/10$ pv o telescópio não presta (λ designa o comprimento de onda da luz e para os testes de qualidade óptica dos telescópios considera-se geralmente 630 nm ou 532 nm, consoante os construtores). Até onde vão as complacências de uns e os exageros de outros?

Estes mitos são realmente interessantes, mas, para terem sentido, as afirmações devem ser completas, caso contrário não se sabe de que é que se está a falar. Informações incompletas prestam-se a distorção informativa. Comentarei neste artigo alguns dos mitos mais correntes.

Superfície de onda e frente de onda

Para tornar mais compreensível a linguagem que será utilizada a seguir, impõe-se definir rapidamente alguns termos. A função de um telescópio é, transformar cada feixe de raios paralelos entre si, vindos de cada ponto do objecto observado (a uma distância que para efeitos práticos na observação astronómica se pode considerar infinita), num feixe de raios convergentes num ponto do plano focal. Em particular, se o ponto visado se encontrar no eixo do telescópio, o feixe convergente que a objectiva produz irá convergir no foco principal, F (Fig.1). Em alternativa à linguagem dos raios luminosos pode-se utilizar com vantagem, em certos casos, a linguagem das superfícies de onda, que são, por definição, *perpendiculares em cada ponto* ao raio luminoso que passa por esse ponto.

Reformulando a linguagem, um telescópio tem por objectivo transformar um conjunto de superfícies de onda planas e paralelas entre si num conjunto de superfícies de onda esféricas e centradas no seu foco. A Fig.1 mostra simultaneamente ambas as linguagens: a dos raios luminosos e a das superfícies de onda, evidenciando a perpendicularidade já definida.

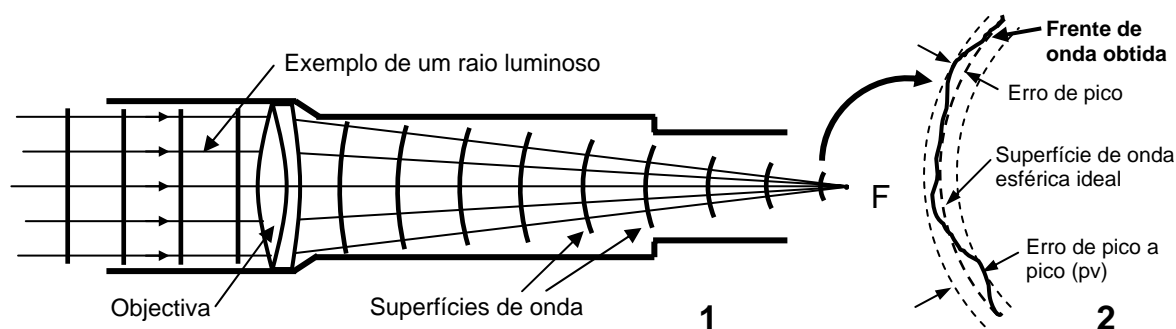



Figura1- A função básica de um telescópio (apenas a óptica principal), utilizando a representação dos raios luminosos e a das superficies de onda. O conceito é genérico e também aplicável a telescópios reflectores. Guilherme de Almeida (2007)

Todos os pontos da mesma superfície de onda estão na mesma fase de vibração e a frente de onda pode ser vista como uma superfície de onda escolhida para estudo. A análise da frente de onda refere-se à óptica principal de um telescópio e a ocular fica fora desse conceito. No entanto inclui-se toda a óptica desde que a luz entra no telescópio até chegar ao seu foco. Por isso, o espelho secundário ou a lente correctora (de um telescópio catadióptrico) entram globalmente na análise. Porém, os requisitos propostos só seriam atingidos plenamente por um telescópio perfeito (telescópio ideal), o que, como devemos saber, não existe no nosso mundo (Fig. 2-1).

Os telescópios reais só conseguem criar superfícies de onda *aproximadamente* esféricas (Fig. 1-2). O desvio entre a forma efectivamente obtida da *onda emergente* (a que abandona o último elemento da óptica principal do telescópio real) e forma da superfície de onda esférica que se deveria obter num telescópio ideal

mede a qualidade do telescópio. Quanto menores forem esses desvios, melhor será o telescópio. Tendo em conta a perpendicularidade já referida, o leitor pode concluir que os desvios à esfericidade da frente de onda significam imperfeições de convergência do feixe que converge para o foco. Os esquemas 2 e 3 da Fig. 2 mostram dois casos típicos, referidos na legenda dessa mesma figura.

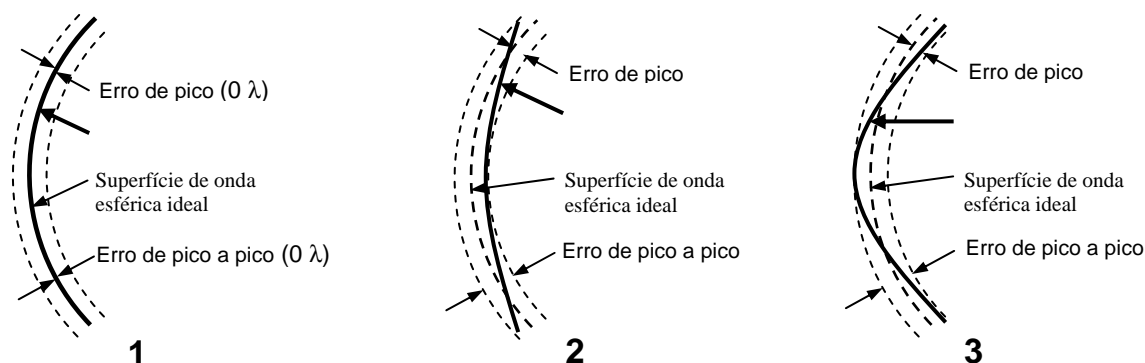



Figura 2- 1-telescópio perfeito (a frente de onda coincide com a superfície esférica ideal: não há erros); 2- telescópio com aberração de esfericidade (sobrecorrecção; 3- telescópio com aberração de esfericidade (subcorrecção).

Para quê tanta ênfase na aberração de esfericidade? Será esse o único problema dos telescópios? De facto não é o único problema, mas num instrumento bem construído, com superfícies sem vícios de forma, sem ondulações de superfície (*ripple* e *microripple*) e sem defeitos zonais, a aberração de esfericidade é dominante. Nos refractores, mesmo nos apocromáticos, a aberração de esfericidade varia com a cor da luz, o que se traduz na aberração esferocromática já abordada num artigo que publiquei recentemente na *Revista Astronomia de Amadores*.

Mito 1— um espelho com erro de 1/4 de onda na frente de onda é apenas limitado pela difracção (*diffraction-limited*).

O termo "limitado apenas pela difracção" (*diffraction-limited*) tornou-se a bandeira dos fabricantes de telescópios em massa que pretendem usá-lo como se fosse um atestado de qualidade suficientemente boa. Tal termo (quando usado honestamente) significa apenas que o telescópio é suficientemente perfeito de tal modo que imagens que proporciona (na ausência de qualquer turbulência) não diferem significativamente das originadas por um telescópio perfeito. Os sublinhados anteriores mostram que não se trata de um instrumento impecável ou exemplar, e dão margem para a utilidade de instrumentos ainda melhores; mas tal requinte exige mais tempo de produção e cuidados redobrados, o que não condiz com a produção em massa nem com preços muito acessíveis.

A afirmação "um espelho com erro de 1/4 de onda na frente de onda é apenas limitado pela difracção" é um dos casos típicos de informação incompleta. Ora vejamos. Não se diz se o erro é ptv, ou pv (ambos significam "pico-a-vale" ou pico-a-pico) ou se é RMS (Root Mean Square=desvio-padrão). Vamos assumir que é ptv. Ora um espelho pode produzir um erro de 1/4 de comprimento de onda (ptv) na frente de onda e ser bastante mau; e também pode produzir 1/4 de erro pv na frente de onda e ser razoavelmente bom, até mesmo *diffraction-limited*. Veremos seguidamente porquê.

Se a área da parte da frente de onda onde o erro é 1/4 de onda for diminuta em relação à frente de onda total que converge para o foco, então o espelho será razoável, e tanto melhor quanto mais pequena for essa fracção. Num espelho bem construído só uma pequena fracção da frente de onda terá esse erro de 1/4 de onda; o resto será muito melhor do que isso. Por outro lado, se uma parte substancial da frente de onda tiver um erro pv de 1/4 e só uma pequena parte dessa frente for melhor que 1/4 de onda (o que é tipico de um espelho mal feito), nesse caso o espelho é mau. Por exemplo se 5% da área do espelho tiver um erro pico a pico de 1/4 de onda e os restantes 95% tiverem erros menores do que 1/4 de onda pv, o espelho é bom. Há muito que se sabe que o erro pv, só por si, não basta para caracterizar a qualidade do espelho (ou de uma óptica para astronomia). Mais importante é o declive da frente de onda na vizinhança das regiões com 1/4 de onda de erro: baixos declives dão melhores resultados do que declives acentuados (conforme é referido por autores como Texereau, André Danjon, André Couder, Maréchal e outros). Por isso o melhor indicador é o erro RMS na frente de onda ou então o índice (ou factor) de Strehl, que está directamente relacionado com o erro RMS e a com a obstrução da pupila de entrada.

O critério de Rayleigh (erro pv não excedendo 1/4 de onda na frente de onda) é válido para definir um limite de qualidade para um telescópio (bem construído) "diffraction-limited" mas está incompletamente

referido. De facto, a afirmação não acaba aí: tem de se acrescentar (faz parte do critério) que na maior parte da frente de onda o erro será apreciavelmente menor do que esse 1/4 de onda. Num espelho com estas características, bem construído, sem vícios de forma, o erro RMS na frente de onda não excederá lambda/14 ou, o que é equivalente, o factor de Strehl não será inferior a 0,80. Assim, o telescópio será "diffraction limited". Isto não quer dizer que em condições excepcionais de baixíssima turbulência, e com um observador perspicaz, um telescópio com erro RMS na frente de onda menor que lambda /14 não dê melhores resultados, sobretudo em observação planetária. Por outras palavras, Lambda /14 RMS (Lambda/4 pv), ambos na frente de onda, constituem o critério *mínimo* para se ter um telescópio de qualidade satisfatória. Mais adiante farei algumas considerações adicionais envolvendo o impacto da obstrução no índice de Strehl.

Mito 2—Um espelho com 1/4 na frente de onda (1/8 na superfície) é um espelho de óptima qualidade.

Na verdade, isto já está implicitamente respondido no ponto 1, dado que um espelho com erro pv de 1/4 de comprimento de onda, na frente de onda é, por inerência fácil de demonstrar, um espelho com erro pv de 1/8 na superfície (a reflexão duplica o erro).

Há ainda a famosa experiência de Ceravolo, Dickinson & George (1992): Ceravolo construiu expressamente 4 telescópios newtonianos de 15 cm (f/8), com erro na frente de onda apenas por aberração de esfericidade de 1 Lambda; Lambda/2; Lambda/4 e Lambda /10, designados respectivamente por letras, por exemplo A, B, C e D. Ora, a equipa desafiou vários observadores credenciados a distinguir os telescópios só por observação visual: os telescópios A e B foram prontamente considerados maus; mas houve muita dificuldade em distinguir os telescópios C e D. Pareciam iguais a quase toda a gente e indistinguíveis com *seeing* médio e bom. Só em circunstâncias excepcionais (seeing muito bom) e observadores muito perspicazes, esforçando-se no teste, é que foi possível detectar uma ligeira diferença. Eram telescópios bem feitos, apesar de terem aberração de esfericidade, mas intencionalmente doseada. O artigo de Ceravolo, Dickinson & George (ver nota nas referências finais) foi muito revelador. O resumo das conclusões é o seguinte:

> «Terry Dickinson, Peter Ceravolo and Doug George conducted an experiment in which Ceravolo made a set of 6" f/8 Newtonians, identical except for the wavefront error of their mirrors. Many observers were invited to try these, and were consistently able to spot the ones made to ½ wave or poorer, but only very experienced observers could detect the subtle differences between ¼ wave and 1/10 wave. Their conclusion was that most amateurs would be perfectly happy with the views from any scope that was an honest ¼ wavefront or better.»

Em condições de observação muito favoráveis (turbulência exemplarmente baixa) os observadores planetários mais exigentes, ao observarem pormenores de baixo contraste, descrevem benefícios crescentes quando as frentes de onda instrumentais são gradualmente melhores, até cerca de $\lambda/16$, o que em espelhos bem feitos significa cerca de $\lambda/60$ RMS (ou menor), mas isto refere-se a circunstâncias excepcionais, em locais de eleição, e não à prática corrente do astrónomo amador.

Mito 3—Um espelho esférico de 15 cm f/8 não precisa de ser parabólico.

Um espelho de 15 cm de abertura, com relação focal f/8 apresenta na frente de onda um erro (e) de 1/4 de comprimento de onda. A expressão para calcular isto é simples:

$$e = \frac{8{,}7 \times D}{\left(f/D\right)^3} \; ,$$

onde D é a abertura do telescópio em centímetros, f é a distância focal, nas mesmas unidades de D, e "e" é o erro na frente de onda, expresso em função do comprimento de onda. Para D=15 cm e f/D=8, teremos

$e = \frac{8{,}7 \times D}{8^3}$ = 0,2548... (0,25 com dois algarismos significativos), ou seja, $e \approx \lambda/4$.

Ou seja, este espelho apresentará um erro máximo de 1/4 de onda (na frente de onda), por aberração de esfericidade subcorrigida (ou seja 1/8 de onda na superfície do espelho). Se o único problema do espelho for esse, a fracção da área da frente de onda com tal erro estará já muito próximo da borda, ou seja, de

certeza que menos de 25% da frente de onda é que tem erro de 1/4 de onda; a parte restante terá erro menor. Muitos amadores (eu próprio também) fizemos há 38 anos espelhos desses e os resultados eram bastante bons, visualmente falando. Isso porque a maior parte da área do espelho tinha erros menores do que 1/8 de onda. A maior parte da luz que vai contribuir para formar a figura de difracção vem de áreas do espelho predominantemente melhores do que 1/8 de onda (muito maioritárias num espelho bem feito). Note-se que estou a dizer que um espelho esférico *bem feito*, de *D*=150 mm *f*/8 é muito satisfatório, pode dizer-se bom, mas não digo que será um espelho exemplar, nem digo que não há vantagem em fazê-lo melhor. Para f/8 ganha-se em fazê-lo "parabólico" (parabolóide), mas não se ganha tanto como parece. Se for esférico *f*/9, já o erro na frente de onda cai para λ/6 e com *f/D*= 10 (esférico) o erro pv baixa para λ/7,7. É claro que se ganha em parabolizar, para evitar tubos demasiado longos, desde que se faça um espelho de qualidade: mais vale um espelho esférico bem feito que um parabolóide mal feito. Para relações focais mais curtas (com *D*=15 cm) é essencial que o espelho seja parabolóide, ou não será de todo satisfatório. Jean Texereau, uma reconhecida autoridade em óptica astronómica define (baseando-se em Danjon & Couder) como limite mínimo de aceitabilidade para um espelho esférico de *D*= 150 mm uma relação focal *f*/8. Para verificar esta informação, os interessados poderão consultar facilmente a página 16 do link http://www.astrosurf.com/texereau/chapitre2.pdf (de Jean Texereau). Indicam-se seguidamente (segundo Texereau) os critérios mínimos a ter em conta na relação focal para que se tenha um erro de λ/4 na frente de onda, de acordo com a abertura:

Abertura D (em cm)	*f* mínimo (em cm)	*f / D (mínimo)*
8	52	6,5
10	70	7,0
12	90	7,5
15	120	8,0
18	153	8,5
20	177	8,9
25	240	9,6
30	303	10,1

4. Índice de Strehl e obstrução

Em complemento ao mito 1 há ainda um aspecto muito curioso que não quero deixar de referir. Mas antes disso convém mencionar que quanto ao índice de Strehl (i_S) se consideram os seguintes valores como referências:

Índice de Strehl	Apreciação	Erro RMS (na frente de onda)
0,70 ou inferior	medíocre	λ/10,5 ou inferior
0,85	bom	λ/12
0,80	é o mínimo aceitável (*diffracton-limited*)	λ/14,1
0,90	muito bom	λ/19,6
0,95 ou superior	excelente	λ/27,8 ou inferior

Para melhor leitura do quadro anterior deve dizer-se que, em ópticas bem feitas, o valor RMS do erro é tipicamente 1/4 ou menor do que o valor pv. Refira-se ainda que a "obstrução" é o quociente do diâmetro do espelho secundário (ou o diâmetro da sua célula de suporte, valendo o maior destes valores) pela abertura (diâmetro útil) do telescópio.

A presença de obstrução (designarei seguidamente a obstrução por "x" para não repetir a letra *e* já usada para o erro) *piora* o índice de Strehl por um factor *k* dado por:

$$k = (1 - x^2)^2$$

De facto, uma questão é o índice de Strehl (abreviadamente Strehl) determinado pela qualidade óptica intrínseca, por comparação do telescópio em análise com outro que fosse perfeito (ideal), do mesmo tipo, abertura e igual obstrução. Outra coisa é o Strehl *tendo em conta a obstrução*, o que permite comparar a intensidade do centro do disco de difracção dado por esse instrumento com a que daria um instrumento ideal e com a mesma captação de luz, *que não fosse obstruído.* Este é o Strehl *tendo em conta a obstrução.*

Isto significa, quantificando, que se tivermos um telescópio obstruído a 33%, e que pela sua qualidade tenha um índice de Strehl 0,95 (comparado com um instrumento perfeito, do mesmo tipo e da mesma obstrução), o seu índice de Strehl *tendo em conta a obstrução* será:

$$0{,}95\,k = 0{,}95\,(1-0{,}33^2)^2 \;=\; 0{,}95\,(1-0{,}33^2)^2 \;= 0{,}794 \approx 0{,}75$$

As conclusões resultantes da equação $k=(1-x^2)^2$ têm 4 leituras possíveis:

a) O factor *k* só é igual a 1 para ópticas não obstruídas (neste caso *x*=0) e *k* é sempre menor do que 1 quando há obstrução, sendo cada vez menor à medida que a obstrução aumenta.

b) *Para igual perfeição óptica*, um telescópio não obstruído terá sempre um índice de Strehl superior a outro que seja obstruído. E para igual perfeição óptica quanto menos obstruído for o telescópio mais elevado será o seu índice de Strehl). E um telescópio com 25% de obstrução terá um índice de Strehl superior a outro telescópio de igual perfeição óptica mas com 35% de obstrução.

c*) Para igual qualidade final da frente de onda*, um telescópio obstruído tem de ser "mais bem construído" (=maior perfeição óptica) do que um não obstruído (ou com obstrução menor). E um telescópio obstruído, acima de uma certa obstrução, já não poderá ser "*diffraction-limited*", por muito perfeito que seja do ponto de vista óptico, como veremos em d).

d) Um telescópio de obstrução 32,6%, mesmo que fosse opticamente a "perfeição absoluta", não atingiria nunca a condição de "difraction-limited" (Strehl >0,80). Isso é fácil de ver: basta considerar um telescópio perfeito (Strehl=1,00) e "dar-lhe obstrução" até se ter um Strehl final de 0,80, ou seja resolvendo a equação

$k=(1-x^2)^2$ para o caso *k*=0,80. Isso dá, sucessivamente: $0{,}80=(1-x^2)^2$ <=>

$1-x^2=0{,}89443$ <=> $x^2=0{,}10557$ e finalmente x= 0,3249 ≈ 32,5%.

Os leitores interessados poderão encontrar on-line uma folha de cálculo que dá directamente o índice de Strehl (como função do erro RMS na frente de onda) intrínseco e também tendo em conta a obstrução, da autoria de Pedro Ré e Guilherme de Almeida:
http://www.astrosurf.com/re/strehl_%20index.xls .

NOTA: Convém referir que nos telescópios refractores (mesmo nos apocromáticos), o valor do índice de Strehl depende do comprimento de onda da luz a que se refere. Em geral os fabricantes apresentam-no para a luz verde-amarelada (λ=546 nm), cor próxima da correspondente à máxima sensibilidade visual humana; para outros comprimentos de onda este índice já é um pouco menor do que o indicado para 546 nm..

5. Efeitos observados

Será interessante ver até que ponto as conclusões quantitativas referidas no ponto 4 são, ou não, comprovadas visualmente.

A Fig. 3 mostra-nos que, para igual aberração de esfericidade (por ex. λ/4 pv), o telescópio obstruído a 33% transfere mais energia do disco de Airy para o primeiro anel de difracção do que o telescópio obstruído a 25% e este mais do que o não obstruído. Nota-se também que o telescópio obstruído a 25% e com λ/4 pv comporta-se neste aspecto melhor do que um outro telescópio de igual abertura, obstruído a 35%, que fosse perfeito (aberração de esfericidade nula). Vê-se ainda que um telescópio obstruído a 35%, ainda que opticamente perfeito, não consegue igualar um telescópio não obstruído da mesma abertura e com aberração de esfericidade λ/4 pv e λ/3 pv. Estas imagens revelam-nos que, para obter igual qualidade final (igual perfeição na frente de onda), um telescópio precisa de ser tanto mais perfeito opticamente quanto maior for a sua obstrução.

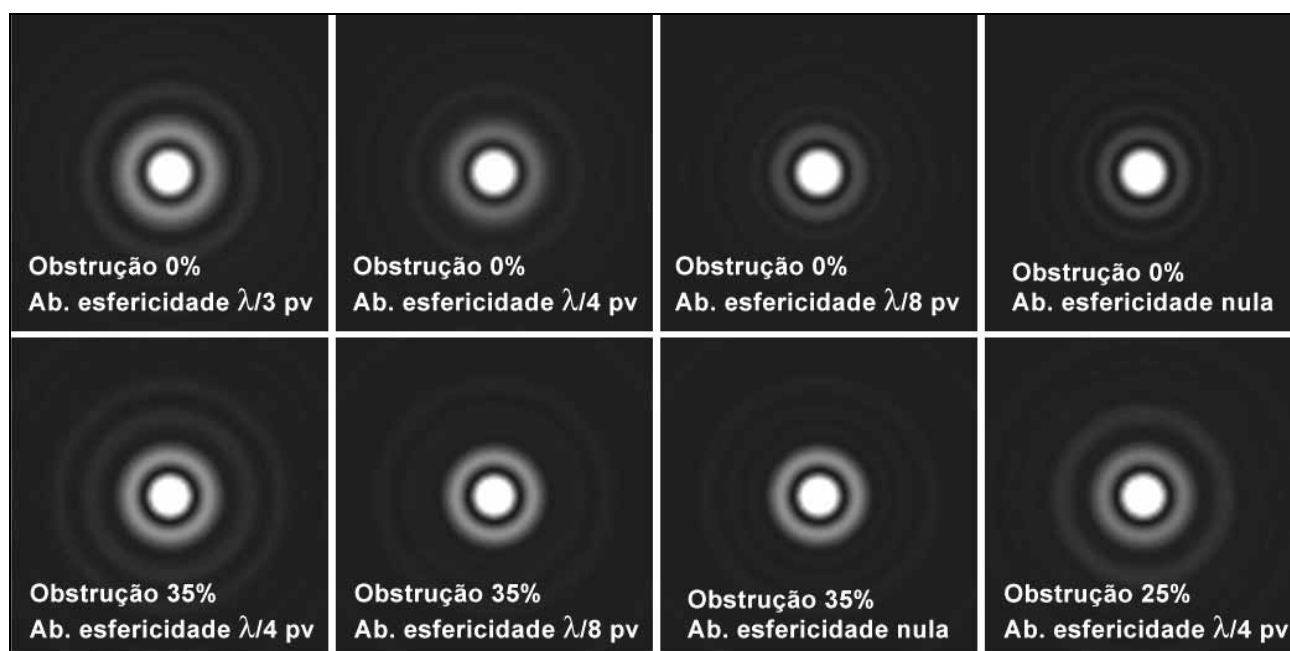



Figura 3- Figuras de difracção correspondentes a imagens estelares para diversos telescópios, com diferentes aberrações de esfericidade na frente de onda. Imagens simuladas, produzidas em parte com o auxílio do programa *Aberrator V3.0* (http://aberrator.astronomy.net). Guilherme de Almeida (2007).

Conclusão

Este artigo fez provavelmente alguma luz sobre assuntos de que em geral pouco se fala. Levantou, também, certamente, algumas surpresas. Espero ter contribuído para ajudar a esclarecer o assunto.

REFERÊNCIAS:

[1] Suiter, H. R.— *Star Testing Astronomical Telescopes*, Willmann Bell, Richmond, 1999. (www.willbell.com)

[2] Texereau, Jean — *La Construction du Télescope d'Amateur*, disponível para download grátis em www.astrosurf.com/texereau/ . É uma obra datada, dos anos 60, mas ainda interessante (a Óptica não mudou).

[3] Almeida, G. — *Telescópios*, Plátano Editora, Lisboa, 2004
Livro disponível na Astrofoto (www.astrofoto.com.pt).

[4] Ceravolo, Dickinson & George (artigo publicado na revista *Sky & Telescope* de Março de 1992), pp. 253-257.

EUGÉNIO CONCEIÇÃO SILVA (1903-1969), PAI DA ASTRONOMIA DE AMADORES EM PORTUGAL

PEDRO RÉ
http://www.astrosurf.com/re

Introdução

Eugénio Conceição Silva (1903-1969) completou o curso de marinha com 23 anos de idade e foi oficial da marinha de guerra portuguesa. Após ter efectuado diversas comissões nos mares da China, foi professor da Escola Naval, onde ensinou matemática, electricidade, hidrografia, instrumentação e balística (a sua prinicipal especialidade). Em 1948 é nomeado director do Laboratório de Explosivos e cria a oficina de ópica da Armada. Esta última permitiu à marinha portuguesa realizar diversos trabalhos na área da instrumentação óptica inovadores à época em Portugal. No final da década de 40 realiza alguns trabalhos de investigação nos campos da artilharia, balística e explosivos.

A par desta actividade profissional Eugénio Conceição Silva é talvez mais conhecido por ter sido um astrónomo amadores e um astrofotografo reconhecido internacionalmente (Figura 1). Nas décadas de 40 de de 50 realizou numerosas observações (sobretudo de estrelas variáveis e de estrelas duplas) bem como centenas de astrofotografias que foram publicadas em diversas obras especializadas. Em 1954 foi-lhe atribuído o prémio anual da Sociedade Astronómica de França (ex-aequo com o astrónomo francês Jean Texereaux) e cinco anos mais tarde foi-lhe atribuído outro prémio cionferido pela "Agrupacion Astronómica de Aster" (Barcelona). Escreveu diversos artigos na revista portuguesa de divulgação "Átomo"[13] , publicou um livro sobre o sistema solar[14] e orientou a publicação da tradução portuguesa da obra "Astronomia" de Karl Strumpff, tendo igualmente realizado o prefácio da referida obra. Participou em diversas reuniões internacionais em Paris, Roma e Moscovo.

Figura 1- Eugério Correia da Conceição Silva (1903-1969). Gravura do telescópio reflector Newton/Cassegrain com 500 mm de abertura que construiu e instalou num observatório situado no Alfeite.

[13] A rotação da Terra. Átomo, 19500228; Vamos construir um telescópio? I. Átomo, 19500430; Vamos construir um telescópio? II. Átomo, 19500530; Vamos construir um telescópio? III. Átomo, 19500730; O observatório astronómico do Alfeite. Obra admirável de um amador que construiu o mair telescópio existente em Portugal. Átomo, 19500930; Vamos construir um telscópio? IV. Átomo, 19501130; Vamos construir um telescópio? VI. Átomo, 19510130; A visita ao observatório astronómico do alfeite. Átomo, 19510430; A segunda visita promovida por "Átomo" ao observatório do Alfeite. 19510530; Construção de oculares. I. Átomo, 19520229; Visitas de "Átomo" ao observatório do Alfeite. Átomo, 19521130; Viagens interplanetárias. I- Fantasias e realidades. Áyomo, 19530228; Viagens interplanetárias. II- Métodos clássicos, foguetões e fontes de energia. Átomo, 19530330; Viagens interplanetárias. III- Considerações finais ou uma hipótese que se mantém sem resposta imediata. Átomo, 19530430; Mercúrio passou em frente ao Sol. Átomo, 19531130.
[14] Silva, E.C. (1944). *O Sistema Solar*. Biblioteca Cosmos, 74/75: 194pp.

Em 2000 foi concluída, com a colaboração da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores, a reconstrução de um observatório astronómico situado em Belém no recinto do Planetário Calouste Gulbenkian e do Museu de Marinha. A este observatório, cuja inauguração foi incluída nas comemorações do 35º aniversário do Planetário Calouste Gulbenkian, foi dado o nome do Comandante Eugénio Conceição Silva (Figura 2). E.C. Silva colaborou activamente nos estudos preparatórios que conduziram à abertura em 1965 do Planetário Calouste Gulbenkian, de que foi o primeiro director, até ao seu falecimento em 1969 (Figura 3). São de sua autoria os textos das primeiras sessões públicas que se realizaram naquela Instituição. Criou igualmente uma oficina de óptica no Planetário onde foram construídos inúmeros telescópios reflectores (óptica e mecânica) com a colaboração de um dos primeiros conferencistas (Joaquim Garcia, 1934-1998).

Figura 2- Observatório Comandante Conceição Silva, inaugurado em 25 de Outubro de 2000.

Figura 3- Planetário Calouste Gulbenkian (imagem obtida em 2002).

Foi igualmente Presidente do Conselho do Centro de de Estudos Aeronáuticos, representante em Portugal da Federação Internacional de Astronáutica, o que evidencia o interesse que nutria por estas matérias.
Astronomia e Astrofotografia

Ao longo se mais de 25 anos, E.C. Silva acumulou milhares de observações astronómicas bem como centenas de astrofotografias de excelente qualidade. Algumas destas imagens e observações foram publicadas em livros de astronomia (*e.g.* Sagot, R., J. Texerau, 1963, *Revue des constellations* e Paul, E.H. 1970, *Outer Space Photography*) bem como em algumas revistas da especialidade (*L'Astronomie- Bulletin de la Société Astronomique de France* e *Jounal des observateurs- Centre Nationale de la Recherche Scientifique, Marseille*).

As primeiras observações astronómicas foram realizadas com uma luneta astronómica por ele construída. Mais tarde foi construindo diversos telescópios reflectores que utilizou regularmente (aberturas de 100 mm e 500 mm). O telescópio que construiu com 500 mm de abertura era na época o maior da Península Ibérica. Sobre este instrumento foram publicados diversos artigos nomeadamente na revista francesa *L'Astronomie* (Janeiro de 1951) e *Scientific American* (Setembro de 1952)[15] (Figura 4).

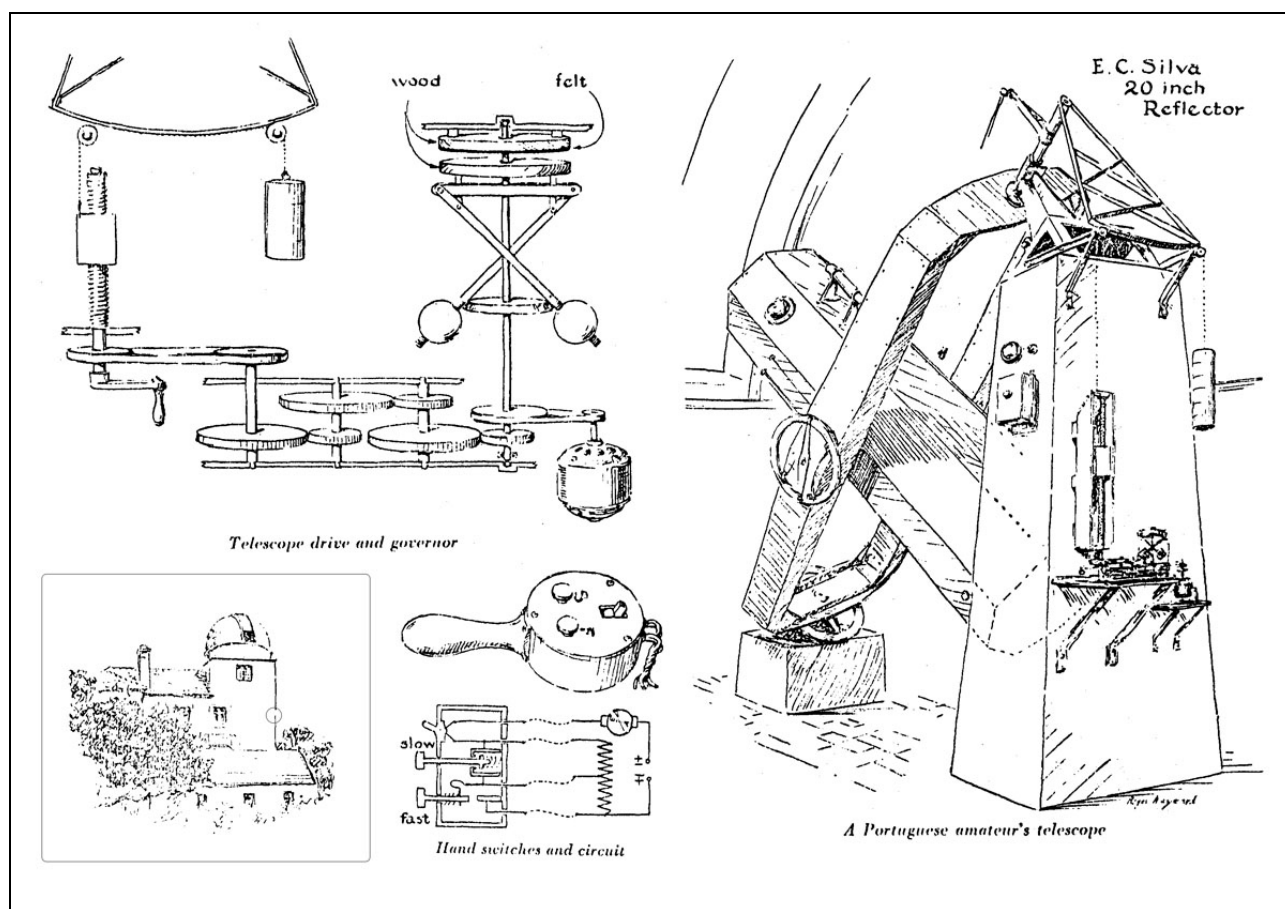



Figura 4- Telescópio reflector Newton Cassegrain F/6, F/18 construido pelo Comandante E.C. Silva. Imagens extraidas do artigo publicado na revista Scientific American em 1952.

O telescópio de 500 mm foi instalado numa cúpula com 5,5 m de diametro edificada num anexo da sua residência na base do Alfeite. A cúpula rodava manualmente apoiada sobre 13 rolamentos. As primeiras observações com este instrumento datam de 1950. O espelho principal e secundário bem como a montagem equatorial foram construídas pelo Comandante Comceição Silva ao longo de 4 anos (1946/1950). A montagem em berço inglês não permitia a realização de observações próximo do pólo celeste Norte, apenas era possível atingir uma declinação de 75 graus N. O berço e o tubo com uma secção octogonal foram construídos em contraplacado de 1" reforçado. O telescópio podia ser usado no foco principal (F/6) ou no foco Cassegrain (F/18) atingindo-se amplificações superiores a 800x nesta configuração.

A construção do espelho principal foi efectuada com uma ferramenta de 300 mm de diametro de acordo com as instruções descritas na obra *Amateur Telescope Making-Advanced*[16]. A parabolização do espelho principal foi efectuada recorrendo ao teste de Focault[17]. E.C. Silva refere que os primeiros testes efectuados com o telescópio foram coroados

[15] About the fine telescope of a Portuguese navy officer
[16] Ingalls, A.G. (1946). Amateur Telescope Making – Advanced: 650pp.
[17] No artigo publicado na revista Scientific American é referido que o espelho sofria de um defeito ligeiro de sub-correcção.

de sucesso tendo atingido facilmente uma magnitude limite de 15,5 (visual). O movimento sideral da montagem equatorial de berço foi assegurado por um sector que por sua vez era accionado por um centrifugador. Durante uma sessão de observação visual ou fotográfica era possível efectuar pequenos ajustes do movimento sideral acelarando ou reduzindo ligeiramente a velocidade de rotação do centrifugador.

O instrumento era munido de um porta chapas fotográficas que permitia efectuar correcções manuais nos eixos de Ascenção Recta e Declinação durante uma exposição de longa pose. O sua concepção foi inspirada no modelo descrito na obra *Lunetes et Telescopes*[18]. Este instrumento encontra-se actualmente em exposição nas galerias do Planetário Calouste Gulbenkian (Figura 5).

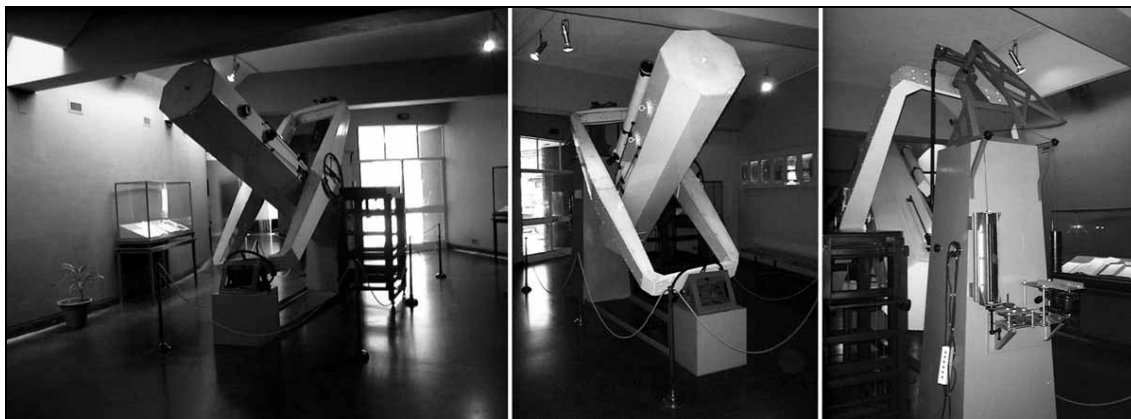



Figura 5- Telescópio de 500mm construído e utilizado pelo Comandante Conceição Silva actualmente em exposição permanente nas galerias do Planetário Calouste Gulbenkian.

Entre os anos de 1950 e 1956 E.C. Silva realiza numerosas fotografias astronómicas de longa pose no foco principal (F/6) do telescópio de 500 mm. As primeiras imagens realizadas em 1950/1951 foram obtidas recorrendo a chapas Superfulgur. O tempo de total de exposição neste período variou entre 60 e 240 min. Em 1952/1953 são realizadas algumas astrofctografias com Chapas Kodak Super XX e a partir de 1953 quase todas as astrofotografias são obtidas recorrendo ao uso das emulsões espectroscópicas da Kodak (103 aO e 103 aE). Neste período as condições de observação no observatório do Alfeite não eram ainda muito afectadas pela poluição luminosa proveniente da cidade de Almada e de Lisboa. Por este motivo as imagens de objectos do céu profundo eram realizadas sem recorrer ao uso de quaisquer filtros. A partir de 1956 foi necessário usar filtros (Kodak W24) uma vez que a poluição luminosa era mais intensa. As ultimas imagens obtidas com o telescópio de 500 mm datam de 1957 e são realizadas com chapas Kodakl OaO e OaE com tempos de exposição de 60 a 300 min. O maior tempo de exposição registado diz repeito a uma imagem da nebulosa NGC7000 (475 min), tendo as imagens sido realizadas em 4 noites distintas[19].

A grande maioria das astrofotografias obtidas pelo Comandante Conceição Silva foram estão hoje reproduzidas num Cd-Rom editado pela Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores e compilado pelo autor[20] (Figura 6). Estas imagens destacam-se ainda hoje pela sua elevada beleza e riqueza de pormenor. O Comandante Conceição Silva foi um dos pioneiros da astrofotografia em Portugal tendo servido de inspiração a diversas gerações de astrónomos amadores e de astrofotógrafos. Pode por este motivo afirmar-se sem qualquer margem para dúvidas que o Comandante E.C. Silva foi o pai da astronomia de amadores em Portugal.

Figura 6- Astrophotography by Eugénio Conceição Silva (1903/1969) (CD-Rom editado pela Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores e compilado por Pedro Ré).

[18] A. Danjon, A. Couder (1935), Lunetes et Telescopes. Editions de la Revue d'Optique Theorique et Instrumental, Paris.
[19] *Cf. http://astrosurf.com/re/silva.html*
[20] Astrophotography by Eugénio Conceição Silva (1903/1969) (CD-Rom)

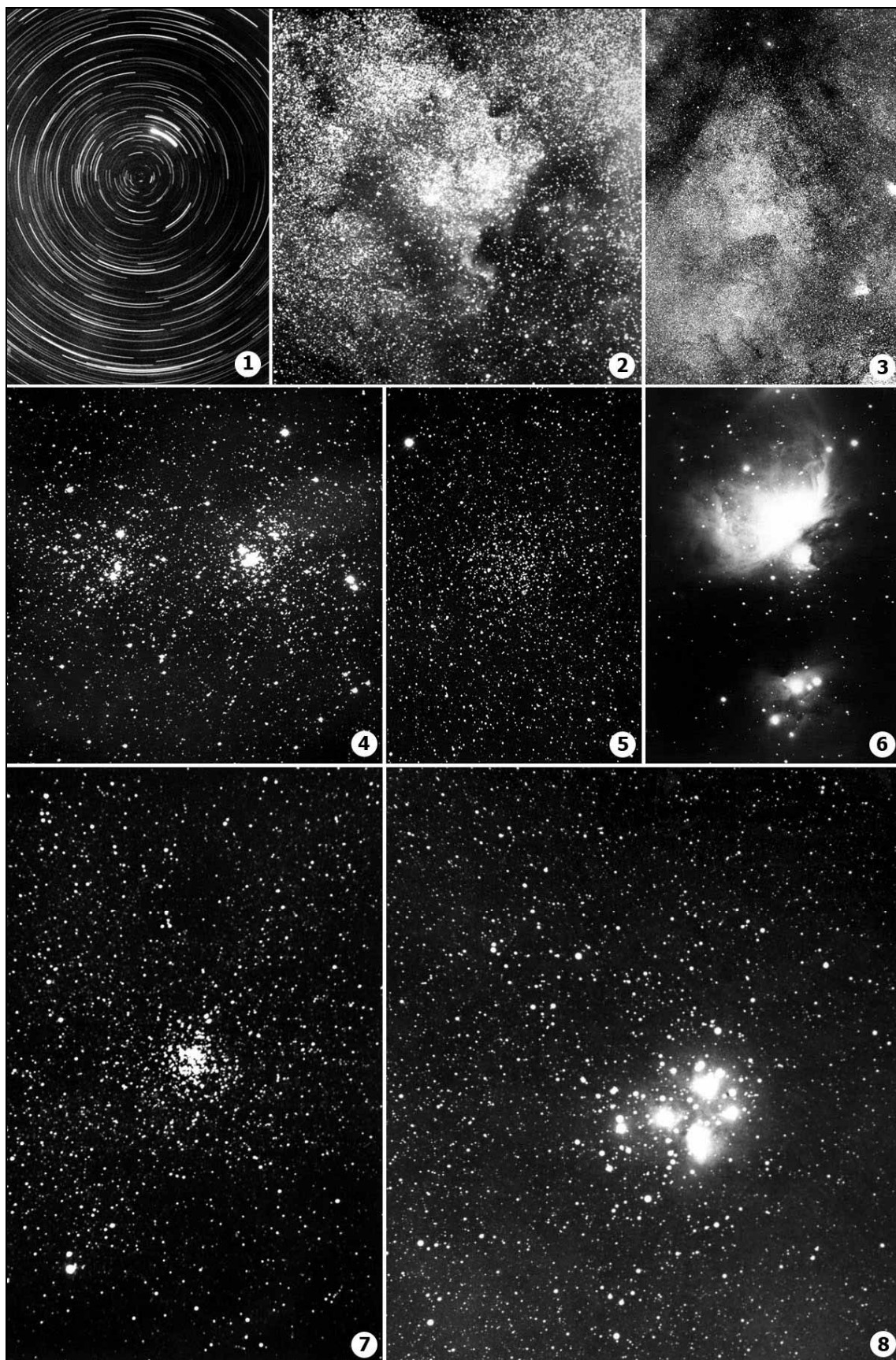



Figura 7- Astrofotografias obtidas por E.C. Silva (1940/1946): 1- Região circumpolar, Objectiva Hermagis 500 mm F/4.5, Agfa Isochrom, 145 min, 19430202; 2- NGC 7000, Objectiva Hermagis 500 mm F/4.5, Ilford, 450 min, 19400226/27/28/29; 3- Via Láctea em Scutum, Objectiva Hermagis 500 mm F/4.5, Agfa Isochrom, 180 min, 19420611; 4- Enxame duplo em Perseus, telescópio reflector 300 mm F/5.8, 60 min, 19451101; 5- M 46, telescópio reflector 300 mm F/5.8, 105 min, 19460222; 6- M 41, telescópio reflector 300 mm F/5.8, 144 min, 19460105/06; 7- M 11, telescópio reflector 300 mm F/5.8, 80 min, 19460619; 8- M 45, Objectiva Hermagis 500 mm F/4.5, Ilford Super Press Double XX, 270 min, 19401124/25.

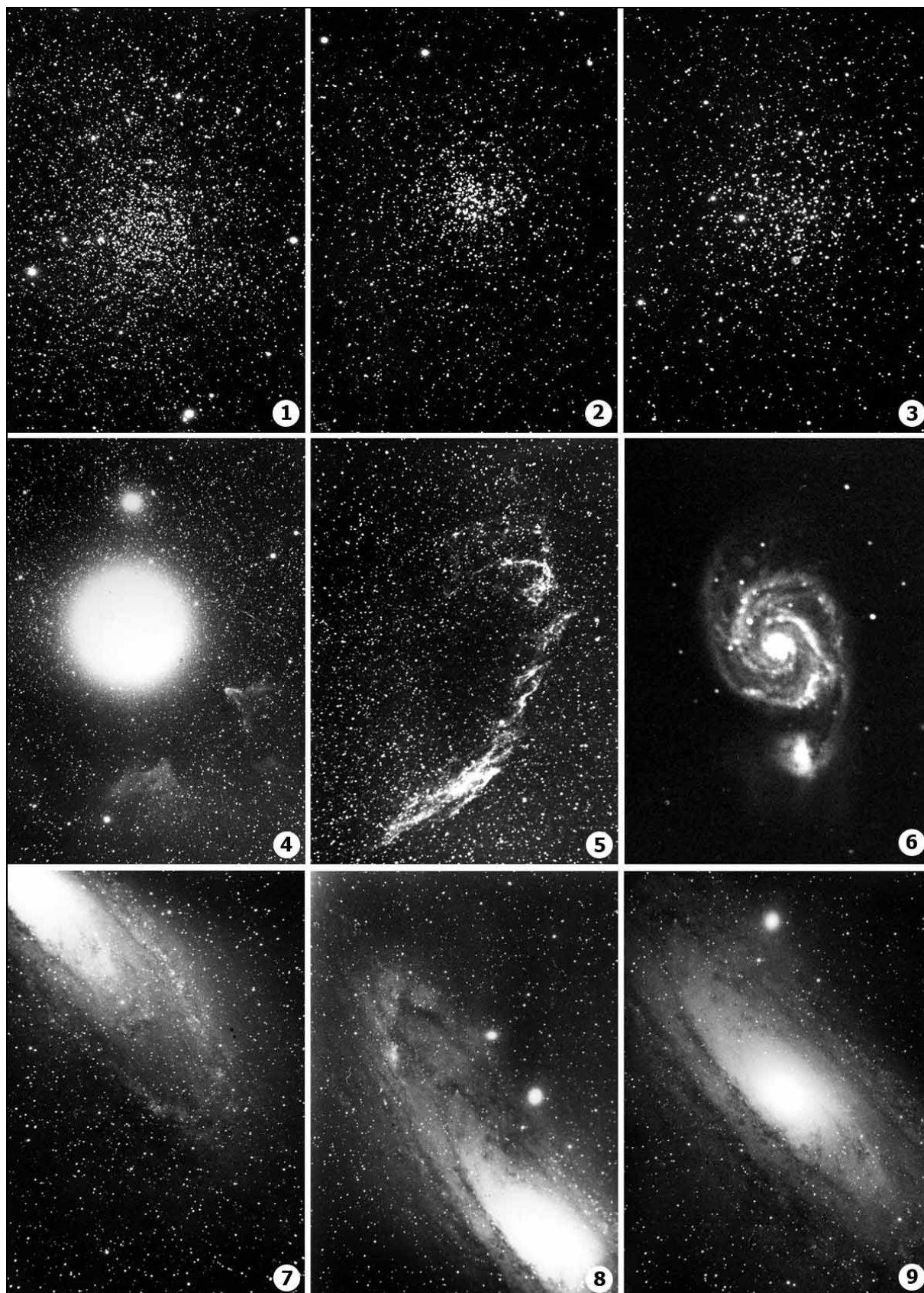



Figura 8- Astrofotografias obtidas por E.C. Silva (1950/1953): 1- NGC 7789, telescópio reflector 500 mm F/6, Superfulgur, 120 min, 19501115; 2- M 37, telescópio reflector 500 mm F/6, Superfulgur, 90 min, 19501115; 3- M 46, telescópio reflector 500 mm F/6, Superfulgur, 120 min, 19510101; 4- IC 59/63, telescópio reflector 500 mm F/6, Superfulgur, 180 min, 19531109; 5- NGC 6992, telescópio reflector 500 mm F/6, Kodak 103 aO, 90 min, 19530802; 6- M 51, telescópio reflector 500 mm F/6, Kodak 103 aO, 150 min, 19530514; 7- M 31, telescópio reflector 500 mm F/6, Kodak 103 aO, 90 min, 19531228; 8- M 31, telescópio reflector 500 mm F/6, Kodak 103 aO, 90 min, 19531226; 9- M 31, telescópio reflector 500 mm F/6, Kodak Superfulgur, 300 min, 19531110/11.

ISAACS ROBERTS (1829-1904), PIONEIRO DA ASTROFOTOGRAFIA

PEDRO RÉ
http://www.astrosurf.com/re

Isaccs Roberts nasceu em 27 de Janeiro de 1829 em Groes (País de Gales). Filho de uma familia de agricultores, frequentou a escola primária (Welsh Calvanistic School). Aos 15 anos de idade (1844), foi aprendiz na firma de construção "John Johnson and Son" em Liverpool. Mais tarde completou os seus estudos no Instituto de Mecânica de Liverpool. Após diversos anos dedicados à construção civil, I. Roberts criou a sua própria empresa em 1859 e mais tarde (1862) formou uma segunda firma de sucesso no ramo ("Roberts and Robinson").

Entre 1862 e 1869 a firma de I. Roberts obteve diversos contratos importantes, nomeadamente a construção da companhia de gás de Liverpool e de um Hotel em "Lime Street Station". Neste período I. Roberts foi nomeado presidente da "Master Builders Association".

Estas actividades comerciais de sucesso permitiram-lhe dedicar-se, nos seus tempos livres, a outro tipo de temas. O seu primeiro trabalho publicado data de 1869 e versa a captação de água na cidade de Liverpool. Foi fundador e membro da Sociedade Biológica de Liverpool. Em 1870 foi nomeado "Fellow" da Sociedade Geológica. A partir de 1870 dedicou-se a diversos ramos da ciência. Entre os anos de 1882 e 1889 realizou uma série de trabalhos relacionados com os movimentos de lençois subterrâneos de água na região de Liverpool tendo associado a estes o efeito da atracção gravitacional do Sol e da Lua bem como o efeito da pressão atmosférica.

Foi unicamente a partir de 1878 que I. Roberts se dedicou à astronomia (com 49 anos de idade). As primeiras observações foram efectuadas com um refractor Cooke de 180 mm de abertura. Em 1883 efectua as suas primeiras astrofotografias a partir de "Kennessee", Maghull (situada cerca de 7 milhas a Norte de Liverpool). Estas primeiras imagens foram obtidas com o auxílio de objectivas fotográficas (aberturas de 20 mm a 130 mm). Os resultados então obtidos eram comparáveis às imagens da nebulosa M 42 realizadas pelo conhecido astrofotógrafo Andrew Common (1841-1903). Common utilizou um telecópio com uma abertura de 920 mm tendo registado pela primeira vez mais pormenores e estrelas do que era possível observar visualmente com o mesmo instrumento.

Entusiasmado com estes primeiros resultados I. Roberts adquiriu um reflector Grubb de 460 mm de abertura. Numa reunião da "Royal Astronomical Society – RAS" em Janeiro de 1886 efectuou uma comunicação referindo ter realizado mais de 200 astrotografias de longa pose durante um período de apenas 1 ano. I. Roberts ofereceu este reflector Grubb à Sociedade Astronómica de Liverpool de que era Presidente. O referido instrumento foi mais tarde instalado num observatório situado em Dunsink (Irlanda).

Roberts correspondeu-se por esta altura (1886) com William Huggins (1824-1910) que foi o primeiro a conseguir fotografar com sucesso em 1876 o espectro da estrela Vega. A imagem obtida por Huggins mostrava claramente 7 riscas espectrais entre as quais duas foram identificadas como hidrogénio.

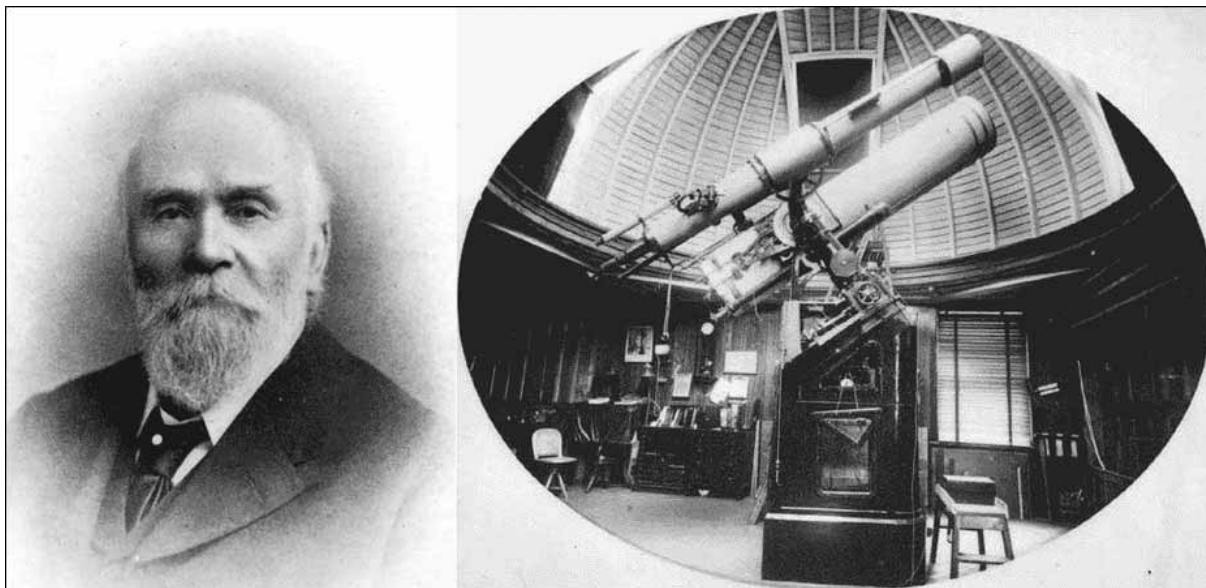



Figura 1- Isaacs Roberts (1829-1904), "Twin Equatorial" (Reflector Grubb de 500 mm e refractor de 180 mm).

Em 1886 I. Roberts encomenda um reflector Grubb com 500 mm de abertura que utilizou para realizar numerosas astrofografias de longa pose de diversos objectos do céu profundo. A montagem equatorial além do reflector suportava igualmente o refractor de 180 mm de abertura que servia de contrapeso (Figura 1). Os dois telescópios tinham movimentos independentes em Declinação. O movimento horário era comum e de elevada precisão. A montagem ficou conhecida com a "Twin Equatorial" (Equatorial gémea).

Roberts planeou a realização com este instrumento de uma carta astrofotográfica do céu. As exposições rondavam os 15 min para cada chapa. Estas imagens foram apresentadas em diversas reuniões da RAS. Em Novembro de 1886 I. Roberts apresentou também à RAS uma astrofotografia do enxame M 45 (Pleiades) obtida com o reflector de 500 mm com uma exposição de 3 h. Esta imagem mostrava pela primeira vez a nebulosidade associada às estrelas Alcyone, Maia, Merope e Electra.

As chapas fotográficas neste período não eram presistentes. Isto significava que os resultados obtidos necessitavam de ser preservados para que a informação não se perdesse. Em colaboração com Adam Higer (1839-1897) produziu um pantógrafo estelar destinado a gravar em chapas de cobre as imagens estelares registadas nas chapas astrofotográficas.

Em 1887 surge o projecto "Carte du Ciel" idealizado pelos irmãos Henry e destinado a realizar um atlas astrofotográfico da totalidade do céu.

Paul Henry (1848-1905) e Prosper Henry (1849-1903) foram admitidos no observatório de Paris em 1864. Quatro anos mais tarde os irmãos Henry construiram um telescópio reflector com 300 mm de abertura como qual iniciaram uma prospecção visual da eclíptica. Em 1885 esta prospecção passou a ser realizada recorrendo a processos fotográficos. Foram utilizados diversos telescópios fotográficos, nomeadamente um refractor de 160 mm e mais tarde, em 1885, um refractor com 340 mm de abertura *f*/10,4. Os primeiros resultados obtidos fizeram com que o director do observatório de Paris, E. B. Mouchez (1821-1892) propusesse a realização de um atlas fotográfico de todo o céu. Cerca de 56 astrónomos pertencentes a 19 países estiveram envolvidos neste projecto que foi desigando por "*Carte du Ciel*". O refractor fotográfico idealizado e construído pelos irmãos Henry foi adoptado como *standard* (Figura 2). A abertura de 340 mm *f*/10,4 significava que 1 mm na chapa fotográfica representava 1 minuto de arco. As chapas utilizadas (160 mm x 160 mm) cobriam uma área de 2 x 2 º. Cada chapa era exposta 3 vezes durante 20 s, 3 min e 6 min e o telescópio era movimentado após cada exposição. Esta série de exposições foi idealizada para eliminar poeiras ou defeitos intrínsecos das chapas fotográficas. Foram igualmente expostas chapas utilizando exposições mais longas. O projecto "*Carte du Ciel*" nunca foi terminado com sucesso apesar de se ter desenvolvido ao longo de mais de 60 anos.

O projecto "Carte du Ciel", que seria levado a cabo por astrónomos profissionais, fez com que I. Roberts se dedicasse a partir de 1888 (ano em que se reformou com 59 anos de idade) exclusivamente à astrofotografia de objectos do céu profundo. As primeiras imagens foram obtidas a partir do seu observatório situado em Maghull, local não muito favorável à realização de observações astronómicas. O número de noites sem núvens era reduzido e a turbulência atmosférica elevada. No intuito de conseguir sempre melhores resultados, Roberts substituiu o espelho principal do telescópio por outro da firma Calver. Chegou a viajar para a Índia Ocidental no intuito de tentar encontrar um local mais adequado para a realização de observações astronómicas.

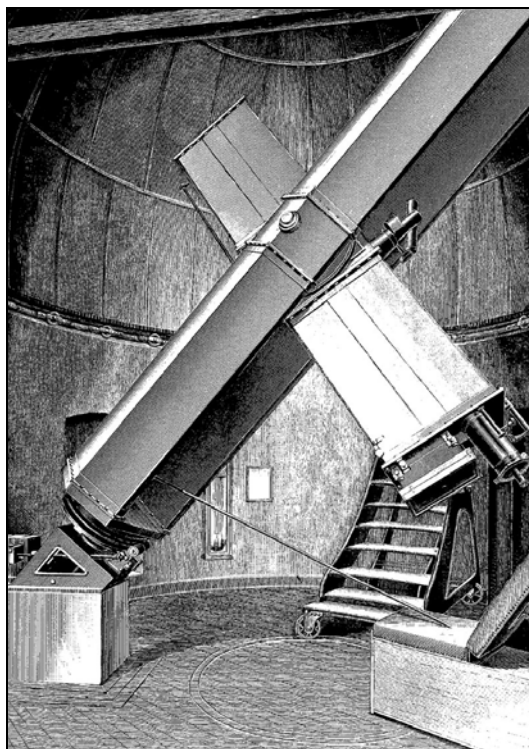



Figura 2- Refractor fotográfico do observatório de Paris construído pelos irmãos Henry (*ca.* 1885).

Em 1890 Roberts construiu um novo observatório localizado numa região mais favorável à prática da astrofotografia (Crowborough, Sussex). Denominou o seu novo observatório "Starfields" provavelmente em homenagem a William Lassel (1799-1880). O novo observatório situava-se cerca de 250 m acima do nível do mar, num local ideal para a realização de observações astronómicas. Junto ao observatório construiu uma vivenda com uma plantação de árvores de fruto, court de ténis e estação metereológica. Neste período foi auxiliado por William S. Franks (1851-1835) que se encarregou da revelação das chapas fotográficas (Figura 3).

Figura 3- Observatório de Isaacs Roberts ("Starfields") e William S. Franks (1851-1835).

A maioria das astrofotografia de I. Roberts foram publicadas em dois volumes. O primeiro surgiu em 1983 "Photographs of Stars, Star Clusters and Nebulae" e o segundo em 1899 com o mesmo título. Estas obras foram oferecidas pelo autor diversas Instutuições. O segundo volume faz parte do espólio da biblioteca do Observatório Astronómico de Lisboa – OAL (Figura 4).

PHOTOGRAPHS

OF

STARS, STAR-CLUSTERS AND NEBULÆ,

TOGETHER WITH

RECORDS OF RESULTS OBTAINED IN THE PURSUIT OF CELESTIAL PHOTOGRAPHY.

BY

ISAAC ROBERTS, D.Sc., F.R.S.,

Honorary Member of the American Philosophical Society;
Fellow of the Royal Astronomical and of the Geological Societies of London, etc.

Presented by the Author to the Lisbon Royal Observatory

VOLUME II.

London:
"KNOWLEDGE" OFFICE, 326, HIGH HOLBORN, W.C.

THE COLLOTYPE PLATES BY THE LONDON STEREOSCOPIC COMPANY.

Figura 4 – Roberts, I. (1899). Photographs of Stars, Star Clusters and Nebulae. Oferta do autor ao OAL.

As numerosas astrofotografias de I. Roberts foram obtidas num período em que a fotografia ainda estava na sua infância. Foi Roberts que descobriu a nebulosidade associada às Pleiades bem como a natureza espiral da nebulosa (galáxia) de Andromeda. A nebulosa de Orion nas imagens de Roberts revelou-se muito mais extensa e complexa do que se pensava na época. A importância do trabalho de Roberts foi reconhecido internacionalmente. Foi eleito membro da Royal Society e foi-lhe atribuído um doutoramento *honoris causa* pela Universidade de Dublin. Recebeu igualmente a medalha de ouro da Royal Astronomical Society (Londres) em 1985.

Figura 5- M 31 e M 33. Reflector de 500 mm (f/4,9). Imagens obtidas em 17 de Outubro de 1895 e 14 de Novembro de 1895 respectivamente. Os tempos de exposição foram de 90 min para a M 31 e 135 min para a M 33. A estrutura espiral das galáxias é aparente nas duas imagens.

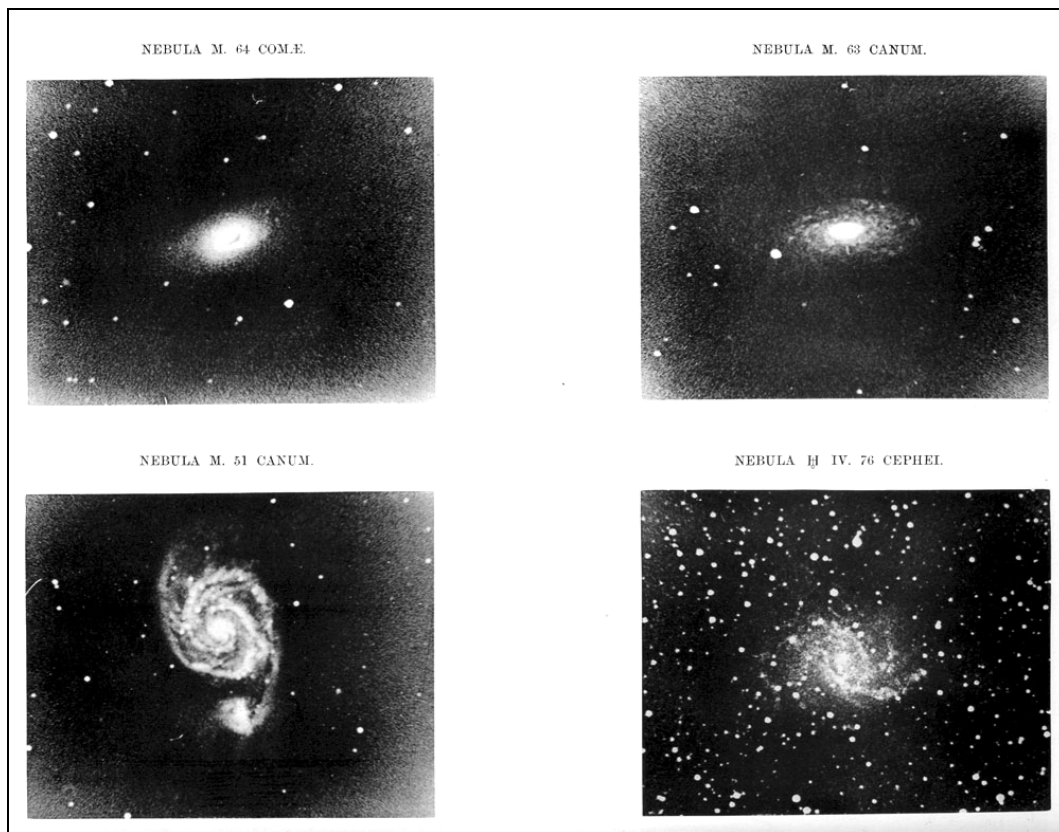



Figura 6- M 64 (500 mm f/4,9) 176 min (10 de Maio de 1896), M 63 (500 mm f/4,9) 175 min (14 de Maio de 1896), M 51 (500 mm f/4,9) 90 min (15 de Abril de 1896), NGC 4826 (500 mm f/4,9) 175 min (9 de Outubro de 1896).

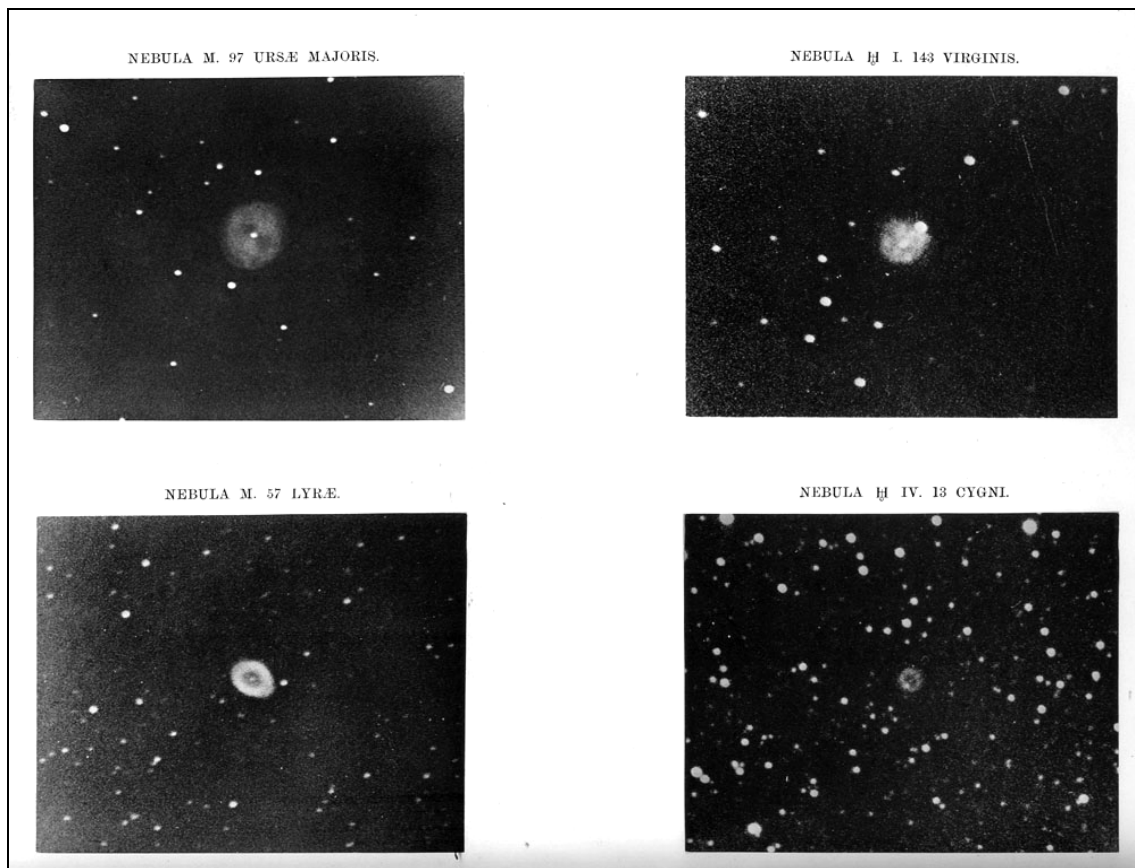



Figura 7- M 97 (500 mm *f*/4,9) 240 min (20 de Abril de 1895), NGC 4900 (500 mm *f*/4,9) 180 min (9 de Abril de 1894), M57 (500 mm *f*/4,9) 20 min (10 de Julho de 1898, NGC 6894 (500 mm *f*/4,9) 60 min (31 de Agosto de 1897).

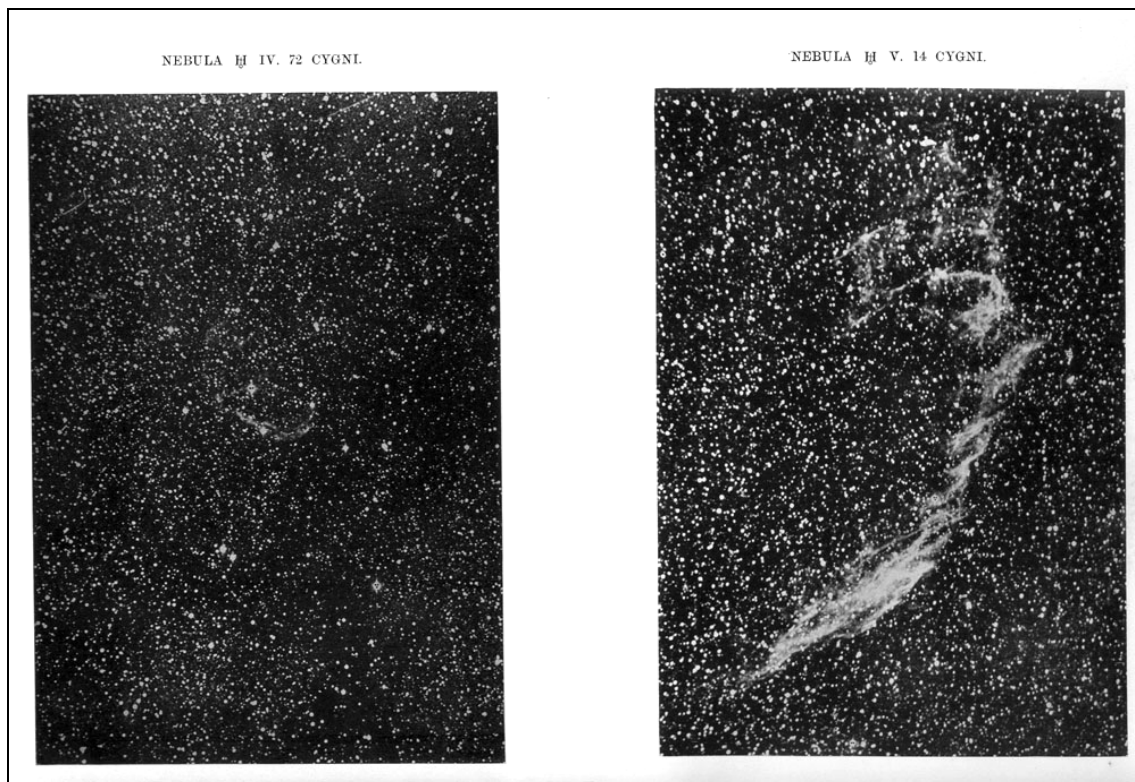



Figura 8- NGC 6888 (500 mm *f*/4,9) 171 min (3 de Setembro de 1897), NGC 6992 (500 mm *f*/4,9) 175 min (4 de Novembro de 1896).

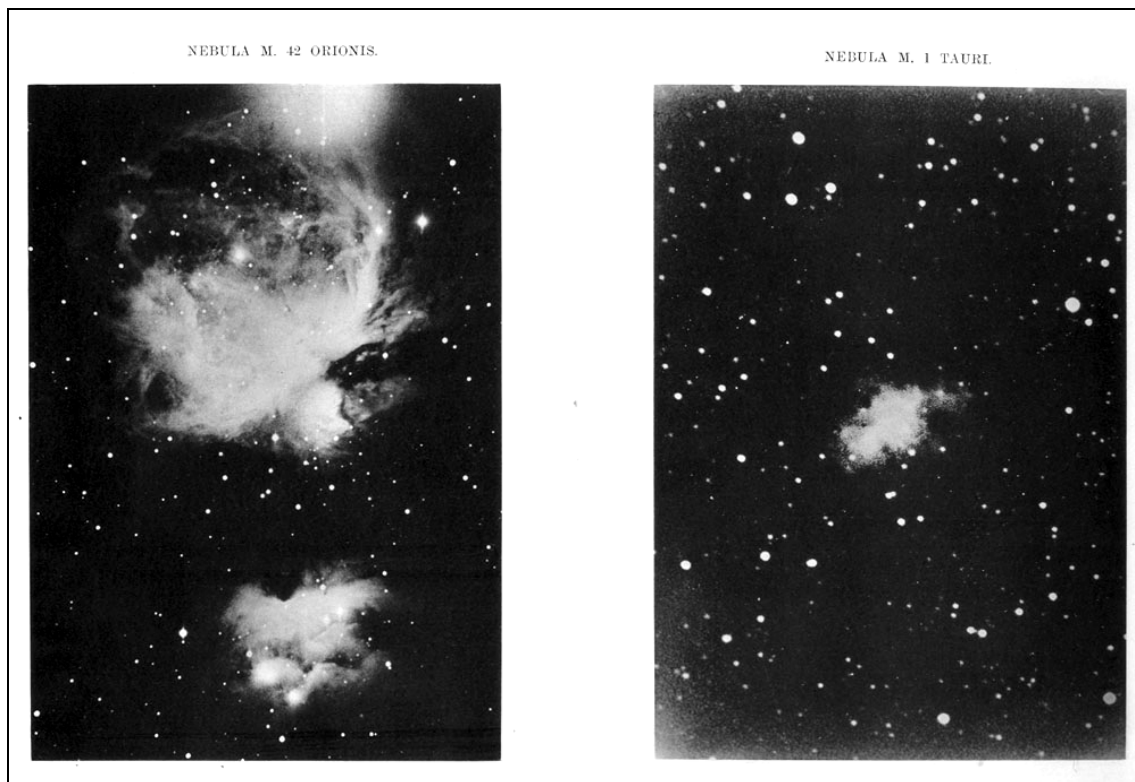



Figura 9- M 42 (500 mm *f*/4,9) 90 min (15 de Janeiro de 1896), M 1 (500 mm *f*/4,9) 60 min (25 de Janeiro de 1895).

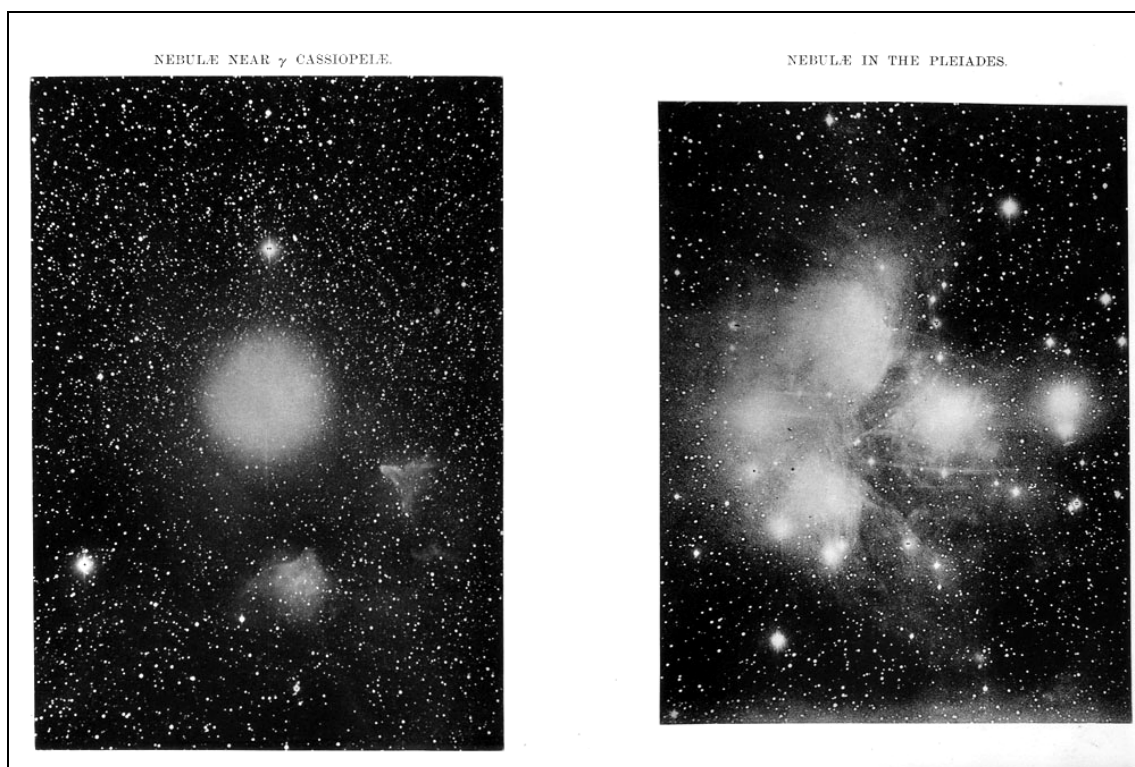



Figura 10- Gamma Cassiopeiae (500 mm *f*/4,9) 90 min (25 de Outubro de 1895), M 45 (500 mm *f*/4,9) 610 min (22, 23 e 25 de Dezembro de 1897).

Bibliografia:

James, S.H.G. (1993). Dr Isaac Roberts (1829-1904) and his observatories. *Journal of the British Astronomical Association*, vol.103, no.3, p.120-122.

Roberts, I. (1899). Photographs of Stars, Star Clusters and Nebulae. Volume II. "Knowledge office, High Holborn, W.C.: 178pp.

http://brynjones.members.beeb.net/wastronhist/p_iroberts.html

O CONHECIMENTO DA ASTRONOMIA NA GRÉCIA ANTIGA

António Mota de Aguiar
motadeaguiar@netcabo.pt

1. As civilizações mesopotâmicas

A ciência na Europa provém da Grécia Antiga. Contudo, a ciência não surgiu na Grécia do nada, de repente, no meio de um deserto cultural. Muito antes do período helénico, os Fenícios inventaram um alfabeto e o Próximo Oriente antigo forneceu aos Gregos numerosos conhecimentos matemáticos e astronómicos. Desse tempo histórico é de realçar a herança transmitida aos Gregos pelos Caldeus e os Egípcios.
Mais de um milénio antes dos Helenos, na época de Hamurábi, já os Babilónios resolviam problemas onde eram empregues equações de segundo grau a várias incógnitas. Os povos do II milénio a.C. que viveram entre o Tigres e o Eufrates forneceram aos gregos um enorme património científico e cultural, em particular em áreas como a matemática, a astronomia e a medicina. Todo esse saber foi transmitido aos Estados que se sucederam na Mesopotâmia através dos séculos, até chegar aos Gregos. A dívida que nós hoje temos para com os Gregos, têm-na os Gregos para com os seus vizinhos do Próximo Oriente.

É na Mesopotâmia que os gregos beberam grande parte do seu saber (várias outras culturas confluíram para esta parte do mundo: africanas, persa, indiana, entre outras). Porém, os gregos foram mais longe, e procuraram dar uma resposta racional (*logos*) ao que observavam na natureza e às dúvidas que lhes iam na mente, o que nenhum outro povo tinha feito antes de eles.
Por volta do século VI antes da nossa era, na Ásia Menor, em Mileto, os Gregos puseram de parte as interrogações que faziam da natureza através de mitos que originavam crenças, e procuraram para os fenómenos da natureza explicações argumentadas em experiências. Um dos critérios de análise que os antropólogos hoje usam para estudar as sociedades proto-científicas consiste em fazer a destrinça, por um lado, entre as crenças mitológicas de interpretação do mundo e, por outro lado, ter em conta quando as sociedades respondem aos fenómenos colocados pela natureza com *argumentos racionais*, como aconteceu em Mileto: pela primeira vez se puseram de parte as crenças nascidas de mitos e se procuraram explicações baseadas em argumentos, alicerçadas em dados 'experimentais'.

Assim, em vez, por exemplo, de atribuir os terramotos à cólera de Poseidon, deus dos mares, que abanava o Sol e provocava o terramoto, como fazia parte da mitologia seguida até aí em Mileto, a causa era agora explicada pela agitação da água sobre a qual Tales pensava que a Terra flutuava. Uma *nuance* importante, que passava a causa do fenómeno da natureza de um mito para uma explicação mecânica. Podemos ver ainda um segundo exemplo: Anaximandro propunha que o vento era a causa do trovão e que a rotura de uma nuvem provocava os relâmpagos, retirando ao deus Zeus um dos seus atributos, de fazer trovejar e relampejar. Esta interpretação dos fenómenos da natureza já não é mitológica, mas também não é científica, por isso a denominamos de proto-ciência. É por estas alturas que surge a Filosofia, quando o mito é abandonado e é substituído pela explicação racional.

Este tipo de interpretação da natureza abriu o caminho a opiniões discordantes – o que não acontecia com o mito – e provocou o diálogo em torno à diversidade e aos câmbios na natureza. Estas discussões levaram os Gregos a interrogarem-se sobre os astros e sobre o mundo, e aponta-se a Pitágoras o ter sido o iniciador desta reflexão. Pitágoras, no século VI a.C., funda uma comunidade cujos membros cultivavam em conjunto a ciência e a sabedoria.

No campo restrito da ciência, a "orientação pitagórica" constitui um modo de ver a natureza que teve grande importância na História da Ciência. Um cientista com esta orientação acredita que a "realidade" é a harmonia matemática presente na natureza. O pitagórico Leucipe de Mileto desenvolveu no século V a ideia de um primeiro atomismo, admitindo a existência do vazio. Também neste século se colocam algumas questões de cosmologia: o movimento dos astros, a forma da Terra, e se interroga sobre a própria ordem do Universo.

2. A Astronomia aristotélica

Figura 1- Aristóteles. Fonte: Wikipédia

Aristóteles, distinguiu-se com nitidez dos outros pensadores gregos. A sua ciência seguiu um objectivo e um método determinado, sendo o precursor de uma história do pensamento, onde o saber se construía através do tempo. Esta sua ampla interpretação do pensamento esteve na base da criação de uma Física, de uma Filosofia e de uma Cosmologia que eclipsaram todo o restante pensamento grego, embora algumas propostas de outros pensadores da Grécia Antiga se tenham vindo a verificar correctas, como foi o caso da proposta de Aristarco de Samos (310-230 a.C.), que imaginou um sistema planetário com o Sol no centro do sistema.

Aristóteles viveu no século IV a.C. (384-322 a.C.) e foi o mais importante filósofo da Grécia antiga. Ficámos-lhe a dever uma grandiosa criação intelectual, concebida pela sua própria imaginação, que perdurou por mais de dois milénios após a sua morte. Porque razão é que as suas teorias, aliás simples e desfocadas da realidade, sobreviveram tantos anos? O mais plausível é dizer que o mundo da Antiguidade grega era simples, durante muitos séculos evoluiu, quando muito em progressão aritmética, os homens não tinham grandes exigências e portanto as respostas encontradas por Aristóteles satisfaziam as suas necessidades intelectuais.

3. O sistema das esferas concêntricas de Aristóteles

Os filósofos gregos da Antiguidade interrogaram-se sobre aquilo de que era feito o mundo. Tales (ca 640-546 a.C.) foi o primeiro filósofo grego que se supõe ter sugerido que a água era a matéria básica a partir da qual tudo era formado. Um outro filósofo, Anaxímenes (570-500 a.C.) achava que era o ar. Outro ainda, Heraclito (ca 535-475 a.C.), pensava que era o fogo, e não sei que filósofo terá dito que era a Terra.
O filósofo grego Empédocles (495-435 a.C.) resolveu o problema com uma situação de compromisso: o mundo era constituído por várias substâncias básicas: fogo, ar, água e terra.
Foi na base destas ideias que Aristóteles concebeu e sintetizou uma teoria *antropocêntrica* para o Universo, na qual o *Homem* estava no centro de tudo, inspirada pela ideia da *esfericidade* da Terra, e na base de que a matéria era constituída pelos elementos: água, ar, fogo, terra e éter, este último elemento acrescentado por ele próprio.

A Terra era para Aristóteles esférica, comprovado, segundo ele, pelos eclipses da Lua.
O Universo aristotélico dividia-se no mundo "sublunar" e mundo "sobrelunar". No nosso mundo sublunar os movimentos naturais dos elementos "ligeiros", como o "ar" e o "fogo", tendiam para o "alto", isto é, para a periferia do cosmos; os movimentos da "água" e da "terra" tendiam para "baixo", para o centro da Terra, coincidentes com o centro do Universo, i.e., o "*geocentrismo*" aristotélico. Para lá da Lua ficava o mundo "sobrelunar", o mundo da pureza e da perfeição.

O Cosmos aristotélico era um gigantesco conjunto composto por oito esferas concêntricas transparentes, que rodavam em torno do seu centro comum que coincidia com a Terra. A oitava esfera era a esfera das estrelas fixas, as outras sete esferas — a Lua, o Sol, Mercúrio, Vénus, Marte, Júpiter e Saturno - situavam-se entre a Terra e uma esfera "limite", conforme podemos ver a segui.

Como se infere da figura 2, o Universo aristotélico tinha um limite, um envelope externo, onde terminava. Era portanto um *Universo fechado, finito,* "como convinha à perfeição, à obra de arte", conforme opinião de Platão. O Universo grego acabava nos limites das estrelas fixas, e o que aqui se passava era domínio dos deuses. Para lá da oitava esfera exterior não havia nada - nem espaço, nem matéria, nada.

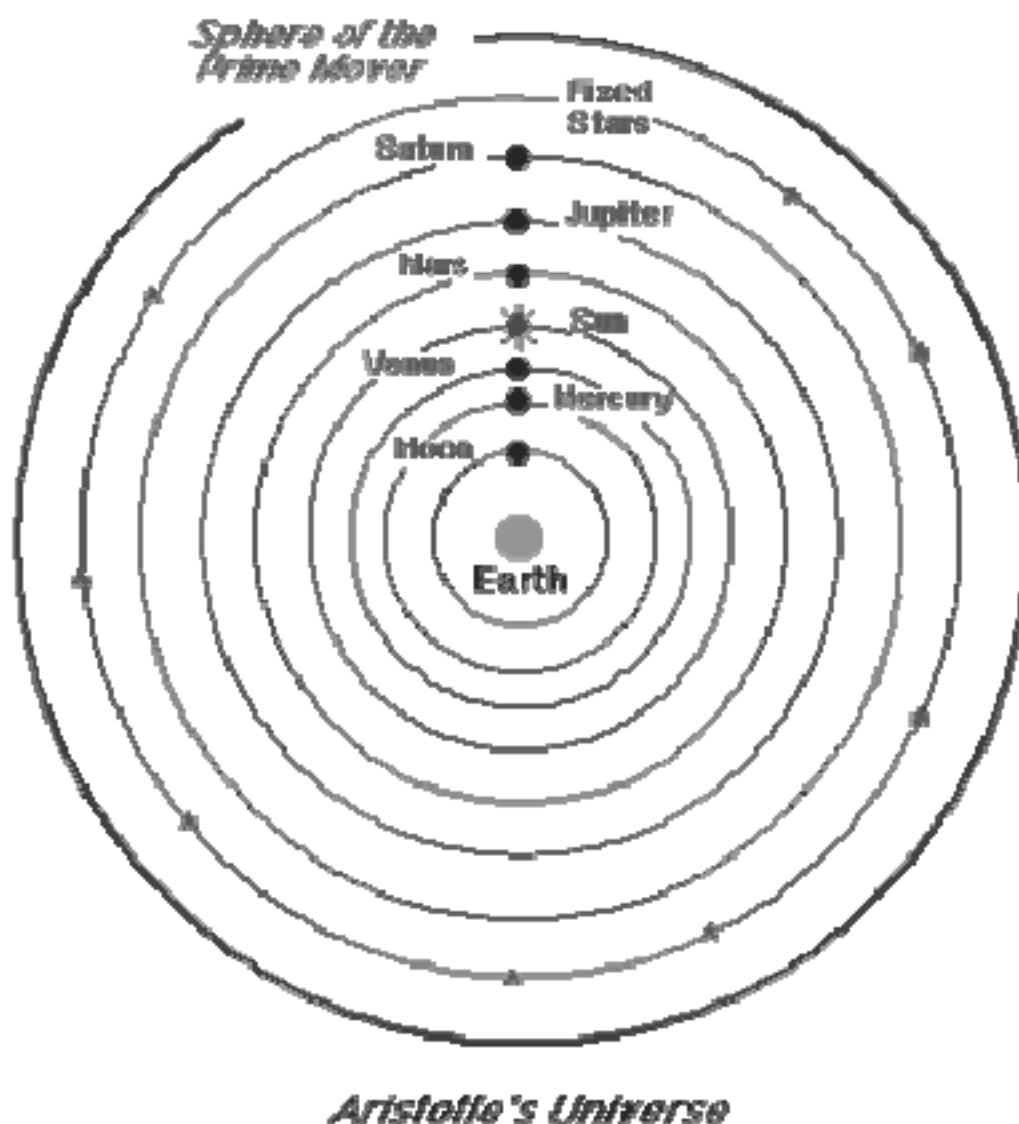



Figura 2- O Universo segundo Aristóteles. Segundo esta visão, o Universo seria constituído por um sistema de esféricas concêntricas

Na cosmologia aristotélica os corpos celestes não caíam em direcção à Terra porque, diziam, eram constituídos de *éter*, não tinham peso. Platão (428/27 a.C.- 347 a.C.), que foi mestre de Aristóteles, acreditava que os objectos celestes tinham um *movimento circular uniforme com velocidade constante*. Esta noção é importante retê-la porque vamos encontrá-la ainda alguns séculos mais tarde no universo de Copérnico.

Na Grécia Antiga a astronomia era a ciência mais desenvolvida e apreciada pelos homens, aliás, esta áurea que privilegiava a astronomia manteve-se praticamente até ao fim do Renascimento, tendo sido Galileu, no século XVII, o mentor do "desmembrar" da ciência, de onde saíram as diferentes áreas do saber que hoje conhecemos; mas na Grécia Antiga os homens tinham grandes dificuldades em precisar as posições planetárias, em virtude dos movimentos (aparentes) dos planetas e dos outros corpos celestes serem observados a partir da Terra, e por isso não nos informarem se a Terra gira ou está imóvel.

Para explicar os movimentos aparentes dos planetas alguns astrónomos gregos elaboraram a teoria geométrica dos epiciclos que esteve na base, alguns séculos mais tarde, do sistema do mundo geocêntrico de Ptolomeu. Embora esta teoria estivesse incorrecta, permitia contudo fazer o cálculo aproximado das posições dos planetas conhecidos na época, e satisfez, numa certa medida, as necessidades práticas durante alguns séculos.

Apesar das teorias geocêntrica, antropocêntrica e epiciclos "estarem aparentemente bem elaboradas" (no sentido em que *pareciam* funcionar), havia contudo problemas sem resposta, dos quais dois eram de resolução particularmente difícil para a época*: o movimento retrógrado dos planetas e a chamada "preferência zodiacal"* que certos planetas tinham, isto é, de tempos a tempos, um "astro errante", "vagabundo", (que significa planeta em grego) quando se encontrava no afélio (ou seja, na parte da órbita mais afastada do Sol), diminuía a sua progressão em relação ao zodíaco, parava momentaneamente frente a uma constelação, depois deslocava-se durante algumas semanas no sentido contrário ao seu movimento habitual, deslocava-se de leste para oeste(1). Por isso, a este movimento do planeta, os gregos antigos chamavam retrógrado, porque andava "para trás", e diziam que o planeta tinha uma "preferência" por aquela constelação pelo facto de ficar mais tempo frente à mesma.

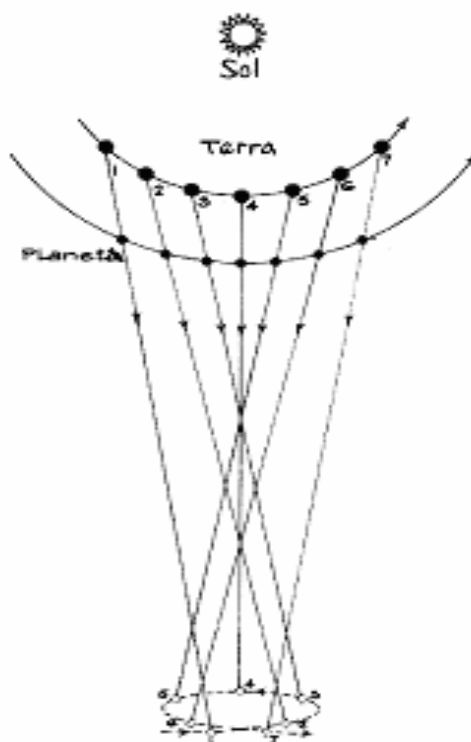



Fig.ura 3- Retrogradação de um planeta, segundo o modelo heliocênctrico. À medida que a Terra ultrapassa um planeta na sua órbita em torno do Sol, o planeta parece mover-se para trás no céu. As setas mostram as direcções do planeta relativamente a um observador na Terra. Os pequenos círculos numerados que estão representados na parte de baixo da figura indicam as posições aparentes resultantes para o planeta, projectadas no fundo das estrelas distantes.

O modelo antropocêntrico e geocêntrico de Aristóteles continuou por muitos mais séculos, mas ia respondendo com dificuldade aos novos desafios da época, porque a astronomia exigia cada vez mais precisão, por isso, no século II d.C., Ptolomeu (100-178) fez-lhe alguma cirurgia, permitindo-lhe alguns séculos mais de vida, temática essa que veremos num futuro artigo a publicar.

(1) Nota da redacção: o modelo de Ptolomeu interpretava os movimento retrógrados (e as consequentes "preferências") recorrendo a epiciclos e deferentes. Mas não interpretava os ciclos completos de fases de Vénus e Mercúrio, só descobertos em 1610 por Galileu Galilei (1564-1642), já com recurso ao telescópio. Figura 3 é uma interpretação posterior, heliocêntrica, não conforme ao modelo Ptolomaico nem aos modelos anteriores.